

**TREBALL DE FINAL DE MÀSTER**

**MÀSTER EN ENGINYERIA DE L'ENERGIA**

**ANÀLISI DELS SISTEMES DE HVAC DELS AULARIS DEL CAMPUS  
NORD: TRANSFORMACIÓ I EMERGÈNCIA CLIMÀTICA**

**MEMÒRIA**

**AUTOR:** MARTÍ ROCA COLLDECARRERA

**DIRECTORA:** EVA CUERVA CONTRERAS

**PONENT:**

**CONVOCATÒRIA:** OCTUBRE 2020



Escola Tècnica Superior  
d'Enginyeria Industrial de Barcelona

# ÍNDEX

<b>1. INTRODUCCIÓ.....</b>	<b>7</b>
1.1 ANTECEDENTS .....	7
1.2 OBJECTE .....	10
1.3 ABAST .....	10
1.4 LIMITACIONS.....	11
<b>2. INFORMACIÓ PREVIA.....</b>	<b>12</b>
2.1 MARC POLÍTIC I ECONÒMIC .....	12
2.2 MARC NORMATIU .....	13
2.3 CERTIFICACIÓ ENERGÈTICA EN L'EDIFICACIÓ .....	15
2.3.1 Càlcul de la certificació energètica.....	16
2.3.2 Consum d'energia primària .....	17
2.3.3 Obtenció de la certificació energètica.....	17
2.3.4 Auditoria Energètica.....	18
2.3.5 Certificació Energètica vs. Auditoria Energètica.....	18
<b>3. NZEB.....</b>	<b>20</b>
<b>4. CAS D'ESTUDI: ELS EDIFICIS DE LA UPC ANALITZATS .....</b>	<b>26</b>
4.1 UBICACIÓ I ENTORN .....	26
4.1.1 Entorn geogràfic.....	27
4.1.2 Entorn climàtic.....	27
4.2 DESCRIPCIÓ DELS EDIFICIS .....	32
4.2.1 Façanes.....	33
4.2.2 Superfícies.....	36
4.2.3 Distribució.....	45
<b>5. DADES TÈRMiques .....</b>	<b>47</b>
5.1 CÀLCUL/ESTIMACIÓ DE LES CÀRREGUES TÈRMiques DELS EDIFICIS .....	47
5.1.1 Generalitats .....	47
5.1.2 Components de la càrrega tèrmica.....	47
5.2 CÀRREGA TÈRMICA SENSIBLE .....	48
5.2.1 Càrrega per radiació solar a través del vidre " $Q_{sr}$ " .....	49
5.2.2 Càrrega per transmissió i radiació a través de paret i sostres exteriors " $Q_{str}$ " .....	50
5.2.3 Càrrega per transmissió a través de parets, sostres, terres i portes interiors " $Q_{st}$ " .....	52
5.2.4 Càrrega transmesa per infiltracions d'aire exterior " $Q_{si}$ " .....	52
5.2.5 Càrrega sensible per aportacions internes " $Q_{sai}$ " .....	53
5.2.6 Càrrega sensible per il·luminació " $Q_{sil}$ " .....	53
5.2.7 Càrrega sensible per ocupants " $Q_{sp}$ " .....	54

5.2.8 Càrrega tèrmica sensible total " $Q_s$ "	56
5.3 CÀRREGA TÈRMICA LATENT	56
5.3.1 Expressió general	56
5.3.2 Càrrega latent transmesa per infiltracions d'aire exterior " $Q_{li}$ "	56
5.3.3 Càrrega latent per ocupació	57
5.3.4 Càrrega tèrmica latent total " $Q_l$ "	57
5.4 EQUIPS DE GENERACIÓ	57
<b>6. CONSUMS</b>	<b>62</b>
6.1 CONSUM ELÈCTRIC	63
6.1.1 Conclusió general	69
6.2 CONSUM DE GAS	70
6.2.1 Conclusió general	77
<b>7. MANTENIMENT</b>	<b>79</b>
7.1 TIPUS DE MANTENIMENTS	80
7.2 MANTENIMENT ALS AULARIS	84
<b>8. PROPOSTES DE MILLORA</b>	<b>86</b>
8.1 PLAQUES SOLARS	86
8.1.1 Estudi de radiació solar	87
8.2 SUBSTITUCIÓ DE CALDERES	92
8.2.1 Tipus de caldera	93
8.2.2 Caldera proposada	95
8.3 MILLORES DE L'EFICIÈNCIA ENERGÈTICA	97
8.3.1 Reducció de la demanda energètica	97
8.3.2 Millora del rendiment en les instal·lacions de calefacció, refrigeració, aigua calenta sanitària i il·luminació	99
8.3.3 Energies renovables	100
8.4 MILLORES DE GESTIÓ I CONTROL	100
<b>9. CONCLUSIONS</b>	<b>102</b>
<b>10. BIBLIOGRAFIA</b>	<b>104</b>
<b>11. ANNEX A: PLÀNOLS DELS AULARIS</b>	<b>107</b>

## ÍNDIX DE FIGURES

FIGURA 1. REPRESENTACIÓ GRÀFICA DEL CONSUM I GENERACIÓ D'EMISSIONS DELS EDIFICIS DE LA UNIÓ EUROPEA [1].	7
FIGURA 2. OBJECTIUS PLA UPC ENERGIA 2020 DE SOSTENIBILITAT ENERGÈTICA [3].	9
FIGURA 3. MODEL DE CERTIFICACIÓ ENERGÈTICA.	17
FIGURA 4. UBICACIÓ DEL CAMPUS NORD – UPC.	26
FIGURA 5. MAPA DELS DISTRICTES DE BARCELONA.	27
FIGURA 6. MAPA DE LES ZONES CLIMÀTIQUES A ESPANYA [9].	28
FIGURA 7. MAPA EMPLAÇAMENT AULARIS CAMPUS NORD.	32
FIGURA 8. VISTA AÈRIA DELS AULARIS DEL CAMPUS NORD.	33
FIGURA 9. FAÇANA SUD-EST DELS AULARIS.	34
FIGURA 10. FAÇANA NORD-EST DELS AULARIS.	34
FIGURA 11. FAÇANA NORD-OEST DELS AULARIS.	35
FIGURA 12. PUNTS D'UNIÓ ENTRE AULARIS.	35
FIGURA 13. AULES TIPUS AMFITEATRE.	36
FIGURA 14. AULES COSTAT MAR.	37
FIGURA 15. AULES COSTAT MUNTANYA.	37
FIGURA 16. PLÀNOL DE LA PLANTA SOTERRANI DE L'AULARI 2.	45
FIGURA 17. PLÀNOL DE LA PLANTA BAIXA DE L'AULARI 2.	45
FIGURA 18. PLÀNOL DE LA PLANTA ENTRESOL DE L'AULARI 2.	45
FIGURA 19. PLÀNOL DE LA PLANTA PRIMERA DE L'AULARI 2.	46
FIGURA 20. PLÀNOL DE LA PLANTA SEGONA DE L'AULARI 2.	46
FIGURA 21. PLÀNOL DE LA PLANTA COBERTA DE L'AULARI 2.	46
FIGURA 22. PLÀNOL EN ALÇAT DELS EDIFICIS A1 I A2.	46
FIGURA 23. VISTA AÈRIA DELS AULARIS DEL CAMPUS NORD.	50
FIGURA 24. ESQUEMA DE FUNCIONAMENT DE LA CLIMATITZACIÓ ALS AULARIS DEL CAMPUS NORD [11].	58
FIGURA 25. PÀGINA PRINCIPAL DEL PROGRAMA SIRENA DE LA UPC.	63
FIGURA 26. APROFITAMENT DE L'ENERGIA SOLAR EN FUNCIÓ DE L'ORIENTACIÓ I LA INCLINACIÓ	88
FIGURA 27. PANELL FOTOVOLTAIC AXITEC-AC-20P/156-72S SELECCIONAT.	90
FIGURA 28. DIFERÈNCIES ENTRE UNA CALDERA ESTANCA AMB UNA CALDERA DE CONDENSACIÓ.	94
FIGURA 29. SECCIÓ DE LA CALDERA DE CONDENSACIÓ VIESSMANN CT3B.	96
FIGURA 30. FINESTRA DE DOBLE VIDRE AMB CÀMERA D'AIRE DE "CLIMALIT".	98



## ÍNDIX DE GRÀFICS

GRÀFIC 1. EVOLUCIÓ DEL CONSUM ENERGÈTIC EN HABITATGES A ESPANYA [6].	13
GRÀFIC 2. QUALIFICACIÓ ENERGÈTICA DELS HABITATGES EN FUNCIÓ DE LA NORMATIVA DE CONSTRUCCIÓ [7].	15
GRÀFIC 3. TEMPERATURA MÀXIMA I TEMPERATURA MITJANA. LA TEMPERATURA MÀXIMA (LÍNIA VERMELLA) I LA TEMPERATURA MÍNIMA (LÍNIA BLAVA) MITJANA DIÀRIA.	29
GRÀFIC 4. NUVOLOSITAT A BARCELONA.	30
GRÀFIC 5. PLUJA A MENSUAL A BARCELONA. LA LÍNIA SÒLIDA REPRESENTA LA PLUJA MITJANA ACUMULADA EN UN PERÍODE DE 31 DIES CENTRATS EN EL DIA EN QÜESTIÓ.	30
GRÀFIC 6. HORES DE LLUM NATURAL I CREPUSCULAR. LA QUANTITAT D'HORES DURANT LES QUALS EL SOL ESTÀ VISIBLE (LÍNIA NEGRA). EN GROC, HORES DE DIA; EN GRIS, HORES DE NIT.	31
GRÀFIC 7. EL PERCENTATGE DE TEMPS DISTRIBUÏT EN DIFERENTS NIVELLS DE COMODITAT.	32
GRÀFIC 8. EVOLUCIÓ DEL CONSUM ELÈCTRIC DEL AULARI A1 EN LA DÈCADA DEL 2010 – 2019 [15].	64
GRÀFIC 9. . EVOLUCIÓ DEL CONSUM ELÈCTRIC DE L'AULARI 2 EN LA DÈCADA DEL 2010 – 2019 [15].	65
GRÀFIC 10. EVOLUCIÓ DEL CONSUM ELÈCTRIC DE L'AULARI 3 EN LA DÈCADA DEL 2010 - 2019 [15].	66
GRÀFIC 11. EVOLUCIÓ DEL CONSUM ELÈCTRIC DE L'AULARI 4 EN LA DÈCADA DEL 2010 - 2019 [15].	67
GRÀFIC 12. EVOLUCIÓ DEL CONSUM ELÈCTRIC DE L'AULARI 5 EN LA DÈCADA DEL 2010 - 2019 [15].	68
GRÀFIC 13. EVOLUCIÓ DEL CONSUM ELÈCTRIC DE L'AULARI 6 EN LA DÈCADA DEL 2010 - 2019 [15].	69
GRÀFIC 14. COMPARACIÓ DEL CONSUM DE GAS EN EL PERÍODE DEL 2012 - 2019 DE L'AULARI 1 [11].	71
GRÀFIC 15. COMPARACIÓ DEL CONSUM DE GAS EN EL PERÍODE DEL 2012 - 2019 DE L'AULARI 2 [11].	72
GRÀFIC 16. COMPARACIÓ DEL CONSUM DE GAS EN EL PERÍODE DEL 2012 - 2019 DE L'AULARI 3 [11].	73
GRÀFIC 17. COMPARACIÓ DEL CONSUM DE GAS EN EL PERÍODE DEL 2012 - 2019 DE L'AULARI 4 [11].	74
GRÀFIC 18. COMPARACIÓ DEL CONSUM DE GAS EN EL PERÍODE DEL 2012 - 2019 DE L'AULARI 5 [11].	75
GRÀFIC 19. COMPARACIÓ DEL CONSUM DE GAS EN EL PERÍODE DEL 2012 - 2019 DE L'AULARI 6 [11].	76

## ÍNDIX DE TAULES

TAULA 1. SUPERFÍCIES, USOS I OCUPACIONS DE L'AULARI 1.....	38
TAULA 2. SUPERFÍCIES, USOS I OCUPACIONS DE L'AULARI 2.....	39
TAULA 3. SUPERFÍCIES, USOS I OCUPACIONS DE L'AULARI 3.....	40
TAULA 4. SUPERFÍCIES, USOS I OCUPACIONS DE L'AULARI 4.....	41
TAULA 5. SUPERFÍCIES, USOS I OCUPACIONS DE L'AULARI 5.....	42
TAULA 6. SUPERFÍCIES, USOS I OCUPACIONS DE L'AULARI 6.....	43
TAULA 7. TEMPERATURA EXTERIOR DE CÀLCUL (T <sub>ec</sub> ).....	51
TAULA 8. CALOR SENSIBLE I CALOR LATENT GENERADA PER PERSONA.....	55
TAULA 9. CARACTERÍSTIQUES TÈCNIQUES DE LES UNITATS DE CLIMATITZACIÓ DELS AULARIS DEL CAMPUS NORD [11].....	60
TAULA 10. COMPARACIÓ DEL CONSUM ELÈCTRIC DE L'AULARI 1 EN LA PRIMERA MEITAT DE DÈCADA AMB LA SEGONA [15].....	64
TAULA 11. COMPARACIÓ DEL CONSUM ELÈCTRIC DE L'AULARI 2 EN LA PRIMERA MEITAT DE DÈCADA AMB LA SEGONA [15].....	65
TAULA 12. COMPARACIÓ DEL CONSUM ELÈCTRIC DE L'AULARI 3 EN LA PRIMERA MEITAT DE DÈCADA AMB LA SEGONA [15].....	66
TAULA 13. COMPARACIÓ DEL CONSUM ELÈCTRIC DE L'AULARI 4 EN LA PRIMERA MEITAT DE DÈCADA AMB LA SEGONA [15].....	67
TAULA 14. COMPARACIÓ DEL CONSUM ELÈCTRIC DE L'AULARI 5 EN LA PRIMERA MEITAT DE DÈCADA AMB LA SEGONA [15].....	68
TAULA 15. COMPARACIÓ DEL CONSUM ELÈCTRIC DE L'AULARI 6 EN LA PRIMERA MEITAT DE DÈCADA AMB LA SEGONA [15].....	69
TAULA 16. INFORMACIÓ DE CONSUM [kWh] I DESPESA [€] PER A CADA UN DELS AULARIS EN EL PERÍODE DEL 2012 - 2019.....	77
TAULA 17. OPERACIONS DE MANTENIMENT PREVENTIU I LA SEVA PERIODICITAT SEGONS RITE.....	84
TAULA 18. TAULA DE PÈRDUES MÀXIMES PER ORIENTACIÓ, INCLINACIÓ I OMBRES [18].....	88
TAULA 19. INFORMACIÓ GEOGRÀFICA I CLIMATOLÒGICA.....	89
TAULA 20. ESTUDI SOLAR SEGONS UBICACIÓ I ORIENTACIÓ.....	89
TAULA 21. ESPECIFICACIONS TÈCNIQUES DE LA PLACA FOTOVOLTAICA SELECCIONADA.....	90
TAULA 22. NÚMERO DE PLAQUES NECESSÀRIES PER SATISFER LA DEMANDA ELÈCTRICA DE L'AULARI 2 PER L'ANY 2019.....	91
TAULA 23. APORTACIÓ DE LES PLAQUES SOLARS EN L'AULARI 2 EN BASE A L'ANY 2019.....	92
TAULA 24. ESPECIFICACIONS TÈCNIQUES DE LA CALDERA SELECCIONADA.....	95

## 1. INTRODUCCIÓ

### 1.1 ANTECEDENTS

Durant els anys 90 fins a la crisi econòmica del 2007, hi va haver un creixement molt important en el sector de la construcció, on el compliment dels requisits d'eficiència energètica no era un objectiu important a assolir. Arrel de l'aparició de tants edificis va començar a aparèixer un efecte conegut com a “illa de calor”, en altres paraules, la generació de microclimes dins el propi nucli urbà que afavoreixen a l'efecte hivernacle. En la Figura 1 es mostren les dades de consum energètic i generació d'emissions per part dels edificis a la Unió Europea [1].

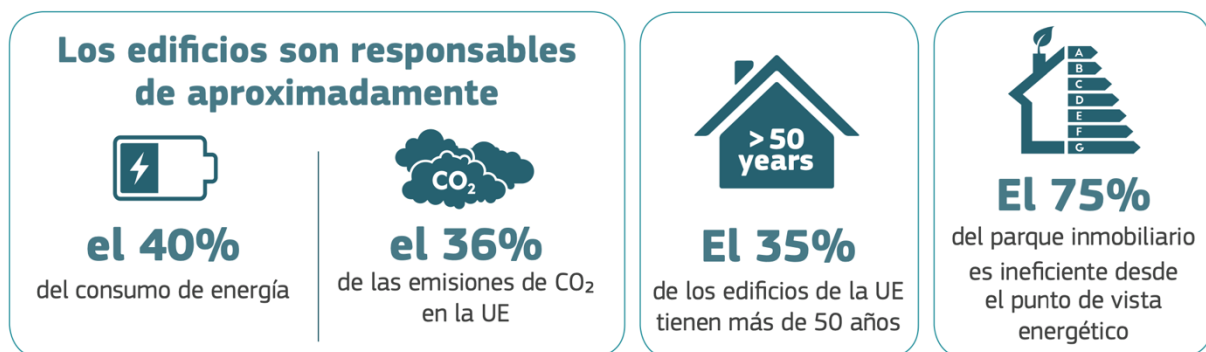


Figura 1. Representació gràfica del consum i generació d'emissions dels edificis de la Unió Europea [1].

És evident que el sector de la construcció, al ser un dels majors consumidors d'energia de la Unió, té un gran potencial per incrementar l'eficiència energètica.

Per intentar resoldre aquesta situació, apareix en escena el Protocol de Kyoto, que és un protocol elaborat per la “Convenció Marc de les Nacions Unides sobre el Canvi Climàtic” (CNMUCC). Va ser signat per la Unió Europea l'any 2002 i tenia com a objectiu que els països que en formen part reduïssin el consum d'emissions generades que contribueixen a l'efecte hivernacle.

A final de l'any 2002, el Parlament Europeu crea la Directiva 2002/91/CE, relativa a l'eficiència energètica dels edificis i que afecta directament a la legislació espanyola. Aquesta directiva Europea obliga als estats membres a posar en vigor les disposicions legals, reglamentàries i administratives necessàries per donar compliment als requisits:

- Aplicació dels requisits mínims d'eficiència energètica per edificis nous i grans edificis existents que siguin objecte de reformes importants.
- Certificació energètica dels edificis.
- Inspecció periòdica de calderes i sistemes d'aire condicionat.

El pla energètic impulsat per la Comissió Europea el desembre de l'any 2008 per fer front a la forta crisi climàtica i ambiental que cada vegada pren més força, té com a objectius clars i fonamentals els 3 següents punts [2]:

- 20% de reducció de les emissions de gasos d'efecte hivernacle (percentatge en relació als nivells de 1990).
- 20% de l'energia total generada a la U.E provingui de fonts renovables.
- 20% de millora en l'eficiència energètica.

A més a més, es presenten altres suggeriments a complir per millorar el rendiment energètic dels edificis, com poden ser:

- Edificacions més intel·ligents mitjançant l'ús d'un major nombre de sistemes d'automatització i control per millorar-ne l'eficiència.
- Indicadors intel·ligents que avaluin la capacitat d'un edifici per utilitzar les noves tecnologies i els sistemes electrònics i, d'aquesta manera, adaptar-se a les necessitats del consumidor, optimitzar el seu funcionament i interactuar amb la xarxa.
- Fomentar el desenvolupament d'infraestructures en els edificis que millorin la mobilitat elèctrica, com per exemple, implementar-hi punts de recàrrega.
- Combatre la lluita contra la pobresa energètica a través de la renovació i millora del rendiment energètic en els edificis més antics.

Per aconseguir aquests objectius, la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC) enfoca els esforços en múltiples sectors. Un dels més importants, tal i com s'ha especificat anteriorment, és el de la construcció i l'eficiència energètica en l'edificació. El pla UPC Energia 2020 de

Sostenibilitat Energètica [3] es va crear per aconseguir el propòsit d'una Universitat de baixa intensitat energètica i de baixa emissió de carboni. Per arribar a aquest fi, es van marcar un seguit de línies estratègiques que, en conjunt, convergeixen en l'assoliment dels objectius establerts. Aquestes línies s'especifiquen a continuació:

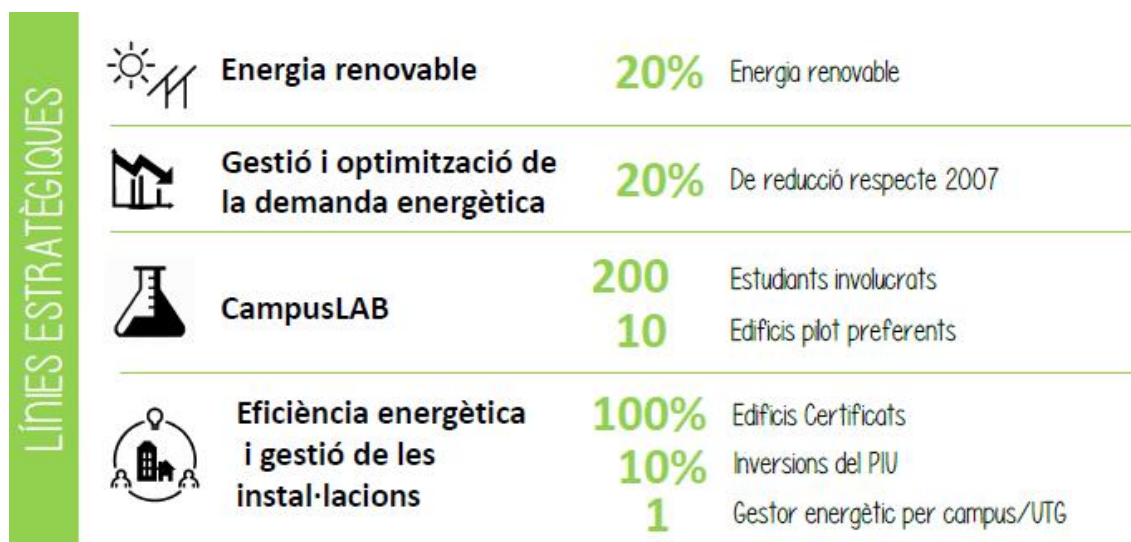


Figura 2. Objectius pla UPC Energia 2020 de Sostenibilitat Energètica [3].

Per dur a terme aquest estudi, des de la Universitat s'ha creat un programa de treball anomenat "CampusLab", el qual té el repte de convertir els campus universitari en laboratoris d'experimentació per avaluar-ne la sostenibilitat energètica vinculant gestió, docència i recerca. A partir de la monitorització i anàlisi de les dades rebudes, se'n podria extrapolar el comportament a altres edificis del nucli urbà per tal de contribuir en una societat sostenible energèticament. El principal objectiu d'aquest programa de treball és el d'avançar cap a una universitat més compromesa amb la crisi energètica i poder ser exemple per altres entitats a l'hora de fer el pas endavant en la transició energètica.

Dintre d'aquest programa es desenvoluparan diferents estudis (dels quals el present TFM en forma part) que estudiaran diferents components/aspectes dels edificis de la universitat per tal de contribuir a poder fer un millor diagnòstic dels problemes presents i poder-los intervenir els propers anys.

En una primera fase del projecte s'estudiaran els edificis: ETSAB, ESEIAAT (TR123 i TR5), ETSEIB (H, I i Pavellons), ETSAB (Coderch i Sagarra), EPSEB i Aularis del Campus Nord (A1 – A6). Per als edificis especificats es pretenen fer un seguit d'estudis per tal de poder-ne tenir un informe real de com es troba cada un d'ells a nivell energètic.

Per a cada un d'ells els punts a tractar són els següents:

- Indicadors dels edificis.
- Consum de les sales de servidors.
- Instal·lacions HVAC.
- Emissions CO<sub>2</sub> de les rehabilitacions realitzades i propostes de millora.
- U façanes i factor solar / consums SIRENA.
- U coberta / consums SIRENA.
- Benestar tèrmic i qualitat de l'aire.
- Protecció front el soroll.
- Lesions a l'envolupant.
- Definició d'indicadors i inclusió en el model NECADA.

## 1.2 OBJECTE

L'objecte del present estudi és analitzar els elements relacionats amb el sistema de climatització dels Aularis del Campus Nord (A1 – A6) per tal de poder-ne proposar millores que ajudin a complir els objectius energètics per part de la UPC.

## 1.3 ABAST

L'abast inclou l'anàlisi dels sistemes HVAC (*"Heat, Ventilation and Air Conditioning"*) dels edificis seleccionats. Es compilaran les dades relatives als sistemes seleccionats així com es realitzaran un seguit de visites a les instal·lacions per tal de comprovar l'estat dels equips i fer-ne un registre. També s'analitzaran les dades disponibles de consums i les relacionades amb el manteniment de les instal·lacions. Es durà a terme un seguiment setmanal amb la resta d'integrants del grup de treball "CampusLab", per tal de poder rebre i aportar informació

valuosa als companys/es que treballen els edificis des d'altres punys de vista, tot enfocat en poder obtenir-ne un millor anàlisi. A partir de la informació compilada, es proposaran millores per tal d'augmentar l'eficiència energètica dels sistemes de climatització i, en conseqüència, la del propi edifici.

## 1.4 LIMITACIONS

A causa de la present crisi sanitària causada per la COVID-19, el present estudi s'ha vist afectat en diferents aspectes que han afectat al desenvolupament general del treball.

No s'han pogut dur a terme les visites organitzades a les instal·lacions per tal de fer-ne un aixecament de plànols, compilar dades de la maquinària, obtenir informació gràfica dels equips i aparells de climatització o consultar amb el personal de manteniment diverses qüestions relacionades amb el sistema HVAC (aquest últim punt s'ha resolt mitjançant videoconferències, encara que el resultat no ha sigut equiparable a fer les reunions i el seguiment presencial). Les reunions planificades setmanalment amb la resta d'estudiants també s'han vist afectades i, en conseqüència, cancel·lades.

Tot això ha comportat que manqui informació de caràcter pràctic per tal de resoldre correctament l'objecte del treball. S'ha donat un enfoc més aviat teòric i s'han realitzat un seguit de suposicions per tal de poder obtenir unes conclusions sobre l'estat dels aularis estudiats.

## 2. INFORMACIÓ PREVIA

### 2.1 MARC POLÍTIC I ECONÒMIC

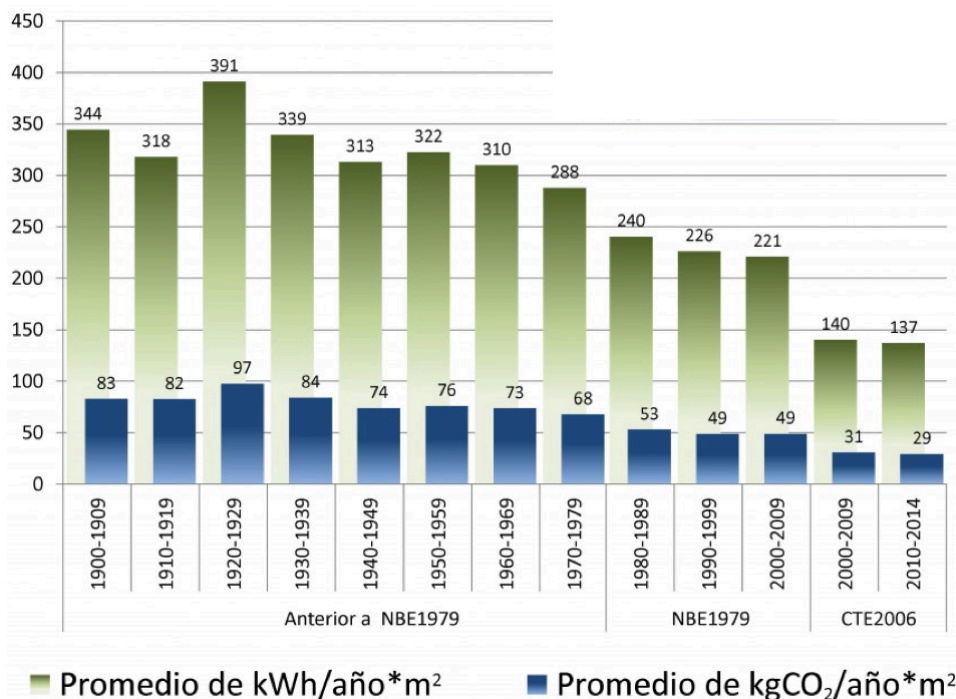
Les polítiques energètiques han canviat la seva estratègia inicial, centrada únicament en poder satisfer i cobrir la demanda energètica de la societat (sense tenir en especial consideració en quins recursos s'utilitzen i quina disponibilitat tindran en el futur), a una nova línia estratègica enfocada en reduir el consum energètic, promoure'n l'estalvi i, en conseqüència, augmentar l'estalvi energètic.

Amb aquests objectius s'han establert noves línies d'investigació i treball, que van des de la cerca de noves fonts d'energia més respectuoses amb el medi ambient fins a la creació de noves normatives o reglaments, que es tradueixen en un consum més conscient i responsable en tots els àmbits de la societat.

En el marc econòmic i polític actual, la preocupació per l'eficiència energètica és un objectiu prioritari per a qualsevol economia. El preu del petroli es situa cada vegada en valors més elevats i les reserves de combustibles fòssils són limitades. Tanmateix, la demanda energètica es veu cada any incrementada. A Espanya, durant el període entre els anys 2000 i 2004, la demanda d'energia primària es va veure augmentada un 13% [4]. A més a més, es va registrar una alta dependència en la importació energètica per part d'altres països, situada sobre el 75% de l'energia primària importada, mentre que la mitjana europea es va situar al voltant del 50% [4]. En qualsevol cas, aquestes dues xifres es van considerar excessives per part de les respectives Instituciones governamentals. Aquesta tendència va en augment, conjuntament amb les repercussions que això comporta, no només econòmiques sinó també perjudicials per al medi ambient, ja que la majoria d'energies importades són d'origen fòssil i repercuteixen directament en l'efecte hivernacle.

La reducció de consums energètics s'ha de realitzar en tots els sectors, en especial al de l'edificació. A Espanya, aquest sector és el responsable de consumir el 20% de la demanda energètica total [5]. Les polítiques s'han de focalitzar en promoure l'estalvi energètic en el sector de l'edificació, ja que les repercussions econòmiques i ambientals seran determinants a curt i a llarg termini. En la Gràfic 1 es mostra l'evolució del consum energètic mig en habitatges d'Espanya així com la generació de CO<sub>2</sub> associada a aquest consum.





Gràfic 1. Evolució del consum energètic en habitatges a Espanya [6].

Es pot veure com la implementació de la normativa del CTE del 2006 va suposar una reducció significativa tant a nivell de consum d'energia com a nivell d'emissions de CO<sub>2</sub>. Respecte el període anterior a l'aplicació de l'actual normativa, hi va haver una reducció del 36% del consum d'energia i, en relació, un 36% de kg de CO<sub>2</sub> emesos. La dada de consum anual és una de les més importants que s'obté a partir del certificat energètic.

## 2.2 MARC NORMATIU

El 5 d'Abril el 2013 el Govern publica al B.O.E el Reial Decret 235/2013 el qual aprova el procediment bàsic per la Certificació d'Eficiència Energètica dels Edificis i, el 10 d'Abril de 2013, 5 dies més tard, es publica el "*Plan Estatal de Fomento del Alquiler de Viviendas, Rehabilitación, Regeneración y Renovación Urbana (2013-2016)*."

El Reial Decret 235/2013 fixa l'1 de Juny de 2013 com a data a partir de la qual l'ICAEN (Institut Català de l'Energia), ha de disposar dels Certificats Energètics de tots els edificis destinats a habitatges per a poder realitzar transaccions de compra, venda o lloguer.

L'any de construcció dels edificis és molt important a l'hora de saber quina normativa tèrmica es va aplicar en la seva construcció. Això permet saber el comportament tèrmic de l'edifici segons els diferents tancaments que el conformen.

Els edificis, en funció de la normativa que es va aplicar durant la seva construcció, reben diferents qualificacions energètiques per tal de poder-los classificar segons el nivell de CO<sub>2</sub> que generen. Aquesta classificació va de la G, sent el resultat menys eficient en un Certificat Energètic, a la A.

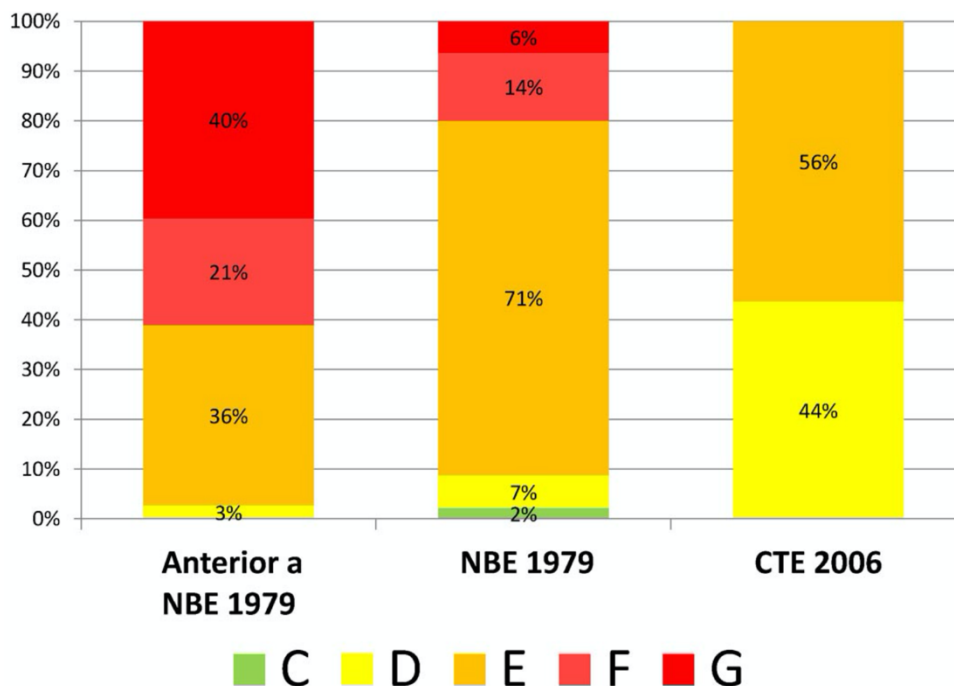
A Espanya coexisteixen edificis construïts sota el paraigües de les dues normes (i també molts previs a la primera d'aquestes normes, les Normas Básicas de la Edificación, NBE's), que tenen comportaments energètics molt diferents. Anteriorment a la NBE-1979, no existia una normativa d'obligat compliment, fet que explica (com es mostra en el Gràfic 1) que el consum a partir d'aquest any s'anés veient reduït (de 288 kWh/any·m<sup>2</sup> a 240 kWh/any·m<sup>2</sup>) a partir de la posterior aplicació.

Durant aquest període anterior a l'aplicació de la NBE-1979, el major percentatge de classificació energètica corresponia a la lletra G, amb un 40% dels habitatges certificats. Seguidament, la lletra E era la segona amb un 36% i, finalment, la lletra F amb un 21%. En altres paraules, abans de l'aplicació de la normativa del 1979, un 97% dels edificis obtenien les 3 pitjors qualificacions (E, F, G) de les 7 de referència que s'utilitzen [7].

Els habitatges construïts sota la normativa NBE-1979 redueixen significativament els dos nivells menys eficients (F i G) esmentats anteriorment, passant d'un total del 61% dels edificis amb aquestes qualificacions a un tan sols un 20%. Per altra banda, augmenten el nombre d'habitatges qualificats amb una "E" fins al 71%. Això reflexa que, tot i que es millora l'eficiència energètica dels edificis amb pitjor puntuació, aquests no arriben a obtenir les màximes puntuacions establertes per la certificació.

Finalment, l'entrada i aplicació de la normativa de construcció CTE-2006 ha suposat una gran millora en l'eficiència dels habitatges, ja que obliga a que tota construcció d'obra nova obtingui

una qualificació mínima de E o D. Aquest fet es observable al Gràfic 2, on es comprova que amb la CTE-2006 van desaparèixer les qualificacions F i G [7].



Gràfic 2. Qualificació energètica dels habitatges en funció de la normativa de construcció [7].

## 2.3 CERTIFICACIÓ ENERGÈTICA EN L'EDIFICACIÓ

El certificat energètic és un document que té com a principal objectiu determinar com d'eficient és un edifici (habitatge, oficina, local comercial, etc.) tenint en compte el seu consum d'energia. A partir de diversos paràmetres relacionats amb l'edifici subjecte al cas d'estudi s'obté una qualificació que es recull en una etiqueta energètica. Aquesta reflexa l'eficiència energètica de la construcció mitjançant, tal com s'ha comentat anteriorment, una lletra: de la A fins la G. Conjuntament, s'adjudica un color a cada lletra per facilitar una interpretació més ràpida del resultats. Aquests colors van del verd (per expressar el millor resultat), associat a la A; fins el vermell (per expressar el pitjor resultat), associat a la G.

Aquesta etiqueta va acompanyada d'un document format per un seguit de recomanacions sobre les millores que es poden fer per obtenir una millora en l'eficiència energètica, augmentar el confort de l'edifici i reduir-ne la despesa energètica.

Les millores solen estar vinculades als següents punts, ja que són els que tenen més rellevància en el consum energètic.

- Incorporació d'aïllament en tots els tancaments exteriors; tant façanes com coberta.
- Renovació de portes i finestres.
- Optimització de les instal·lacions.
- Modificació de l'enllumenat.

Des de l'1 de Juny de 2013, seguint el que especifica el Reial Decret 235/2013, és obligatori que a l'hora de comprar, vendre o llogar qualsevol immoble (durant un període igual o superior als 4 mesos), el propietari ha de disposar del certificat d'eficiència energètica abans de publicar-be l'oferta.

Segons estableix el Reial Decret 235/2013 han de ser un tècnics amb la formació pertinent (segons estableix la Llei 38/1999 del 5 de novembre, de Ordenació de l'Edificació, poden ser arquitectes, arquitectes tècnics i alguns enginyers tècnics) els que poden dur a terme les certificacions. Els tècnics encarregats han d'estar col·legiats al seu corresponent col·legi professional.

### 2.3.1 CÀLCUL DE LA CERTIFICACIÓ ENERGÈTICA

Per al càlcul de la certificació energètica s'han de tenir en compte els següents punts:

- La Normativa aplicable referent a l'edificació.
- La Zona Climàtica on s'ubiqui l'edifici. El clima és un factor que influeix molt sobre la demanda energètica que tindrà la construcció, és a dir, el seu consum i la seva qualificació final. El Codi Tècnic de l'Edificació classifica les zones climàtiques en funció de les temperatures a l'hivern i a l'estiu. Per a l'hivern s'utilitza de la lletra "A", per indicar unes temperatures més lleugeres, fins la "E"; i per l'estiu s'indiquen amb un "1" les zones amb el clima menys calorós i amb un "4" les zones amb una temperatura més elevada.
- La pell de l'edifici: Façanes, cobertes, finestres, portes, proteccions solars, etc.

- Instal·lacions: Sistemes de climatització (calderes, bombes de calor) i generació d'aigua calenta sanitària (ACS).

## 2.3.2 CONSUM D'ENERGIA PRIMÀRIA

El consum d'energia primària necessària per mantenir els nivells estàndard de confort en un habitatge es mesura en  $\text{kWh/m}^2 \cdot \text{any}$ . L'energia primària s'ha de transformar després de la seva obtenció per tal d'aconseguir l'energia elèctrica. Aquesta transformació es pot aconseguir a partir de: combustibles fòssils (gas natural, carbó, petroli, etc.), energia solar, energia eòlica, etc.

## 2.3.3 OBTENCIÓ DE LA CERTIFICACIÓ ENERGÈTICA

- Un tècnic competent analitza el comportament energètic de l'edifici, obté el Certificat i l'inscriu en el registre.
- L'Institut Català d'Energia (ICAEN) emet l'etiqueta energètica.
- El tècnic certificador entrega el Certificat i l'Etiqueta al propietari.



Figura 3. Model de Certificació Energètica.

El Certificat d'Eficiència Energètica i l'etiqueta corresponent tenen una validesa de 10 anys a partir de la seva emissió. En qualsevol cas, sempre es pot renovar voluntàriament si s'adopten noves mesures d'eficiència energètica en el local, edifici o habitatge que en millorin la seva qualificació.

### 2.3.4 AUDITORIA ENERGÈTICA

Per tal de millorar la certificació energètica d'un edifici qualsevol, existeix la possibilitat de realitzar una auditoria energètica. Aquesta consisteix en un estudi en profunditat el qual pretén determinar les oportunitats d'estalvi i eficiència energètica existents en l'edificació per poder elaborar un pla d'acció de viabilitat tècnica i econòmica per poder-les dur a terme. A partir d'un anàlisi dels consums energètics de l'edifici es determinen quines accions s'han de dur a terme per reduir el consum i els costos energètics de l'edifici estudiat.

L'eficiència energètica és un objectiu fonamental en l'Estratègia Europea per poder garantir les reduccions d'emissions contaminants. El 12 de febrer del 2016 es publica al B.O.E el Reial Decret 56/2016 que fa referència a les auditories energètiques. Aquest Real Decret estableix l'obligació de realitzar, com a mínim, una auditoria energètica a totes les companyies que no es considerin PIMES (*Petites i Mitjanes Empreses*). Aquestes auditories s'hauran de dur a terme amb una periodicitat màxima de 4 anys des de l'última realització.

Les grans empreses van haver de realitzar la primera auditoria obligatòria durant el període màxim de 9 mesos a partir de l'entrada en vigor (14 de febrer de 2016), encara que se'n van excloure totes aquelles que l'haguessin fet a partir del 5 de desembre de 2012 (data d'entrada en vigor de la normativa).

### 2.3.5 CERTIFICACIÓ ENERGÈTICA VS. AUDITORIA ENERGÈTICA

La certificació energètica té com a objectiu avaluar, a partir d'una inspecció de diferents paràmetres de l'edifici (font d'energia primària, emissions de CO<sub>2</sub>, etc.), el grau d'eficiència

energètica de l'habitable. La comparació amb models de referència de la mateixa zona climàtica permet obtenir-ne una qualificació mitjançant mètodes simplificats.

Per altra banda, l'auditoria energètica és un estudi en profunditat del comportament energètic de l'immoble. Es comproven i verifiquen mitjançant mesures els consums energètics de l'edifici, utilitzant indicadors específics i personalitzats.

A més a més, inclou un inventari de tots els elements generadors i consumidors d'energia per tal d'analitzar-ne el seu comportament energètic. A partir d'aquestes dades, es pretén estudiar i oferir alternatives d'estalvi de consums, quantificades a nivell tècnic i econòmic.

### 3. NZEB

El Document Bàsic DB-HE “Estalvi Energètic”, del Codi Tècnic de l’Edificació, aprovat per el Real Decret 314/2006 de Març ha sigut recentment modificat per el Real Decret 732/2019 de 20 de desembre, en compliment de la Directiva 2010/31/EU, de maig de 2019. És important remarcar el retard que ha tingut Espanya d’una normativa tant important en relació a l’eficiència energètica dels edificis a Europa, la qual, entre altres coses, estableix la definició dels Edificis de Consum d’Energia Quasi Nul.

Els esforços de la Unió Europea en relació als Acords de París, estan clarament establerts pel sector de la construcció en les Directives recentment aprovades. Els països membres de la Unió han d’establir una fulla de ruta que apunti cap a la descarbonització dels edificis per l’any 2050. A més a més, s’han de d’especificar mesures clares per reduir les emissions almenys un 40% respecte els nivells de 1990 per l’any 2030.

L’Ordre FOM/588/2017, de 15 de juny va realitzar una modificació aparentment lleu de les definicions del DB-HE, on es definia “Edifici de Consum d’Energia Quasi Nul” com a un edifici que compleix amb totes les exigències en vigor especificades en el DB-HE. Per tant, els edificis posteriors al juny de 2017 que complien el CTE, es consideren com “Edificis de Consum d’Energia Quasi Nul”.

Malgrat tot, la definició de les exigències tècniques del que han de ser aquest tipus d’edificació a Espanya s’ha realitzat en la passada revisió de desembre de 2019. La revisió del Real Decret 732/2019 introdueix modificacions importants fins i tot en l’estructura de les exigències bàsiques, s’estableixen valors mínims d’eficiència energètica en alguns casos més severs i s’actualitza la definició “d’Edifici de Consum d’Energia Quasi Nul”. Seguidament es mostren les novetats més remarcables de les noves exigències [8].



### **Exigència bàsica HE0: Limitació del consum energètic**

En primer lloc, s'ha produït un canvi en l'estructura de les exigències. El Real Decret 732/2019 estableix valors límit de consum d'energia primària no renovable i de consum d'energia primària total per a tots els edificis. Els valors límit depenen de l'ús (residencial o no), de la zona climàtica i, en cas de no residencial, de la càrrega interna.

- **Habitatges.** En el cas d'edificis d'ús residencial es tracta de valors límit que depenen únicament de la zona climàtica d'hivern. Es tracta de paràmetres que suposen una exigència important tant en la demanda de l'edifici com a l'eficiència de les instal·lacions i a la implantació d'energies renovables.
- **Edificis no residencials.** S'han marcat uns límits que depenen de la zona climàtica d'hivern i de la càrrega interna de l'edifici. S'han proposat equacions diferents per a cada zona climàtica on el límit depèn linealment de la càrrega interna. Les equacions mostren que s'han establert límits més baixos per les zones climàtiques més fredes (indicades amb una lletra "E") que per les més càlides (indicades amb una lletra "A"). És evident que això només s'explica si la càrrega de refrigeració fos la predominant en l'edifici, com pot ser en edificis d'alta càrrega interna. Tot i això, els valors són tan exigents per les zones climàtiques "D" i "E" que hi haurà dificultats importants per al compliment en determinats edificis.

Es desconnecta la certificació energètica del compliment del CTE. La Certificació es realitza per comparació respecte a un edifici de referència i fins ara, el CTE anava en la mateixa direcció. El Real Decret 732/2019 introdueix valors límit que són independents de la geometria de l'edifici.

### **Exigència bàsica HE1: Condicions per al control de la demanda energètica**

El nou DB HE1 estableix una metodologia diferent per limitar la demanda d'energia dels edificis. En versions anteriors del Document Bàsic d'Estalvi d'Energia, el compliment es

realitzava en base al càlcul de la demanda de calefacció i refrigeració, el valor del qual en kWh/m<sup>2</sup> havia de ser inferior a un valor límit (residencial) o a un valor establert en base al càlcul d'un edifici de referència (no residencial).

El Real Decret 732/2019 estableix valors pel "Control de la demanda" en tancaments i finestres.

- **Aïllament de l'envolupant.** Es desconnecta el compliment del CTE de la Certificació Energètica dels Edificis. Es retrocedeix cap a un compliment d'una espècie de  $K_G$  del NBE79. Es tracta d'un retrocés en la metodologia de la limitació de la demanda de l'edifici, ja que es passa d'un càlcul horari de l'edifici en 3D a una fitxa de limitació de la transmitància tèrmica de l'envolupant: tancaments, forats (incloses les caixes de les persianes) i ponts tèrmics. A més a més, s'estableixen valors mínims de la conductivitat tèrmica en tots els elements constructius per evitar descompensacions.
- **Protecció solar.** Semblant al cas anterior. S'ha establert un valor límit de radiació solar incident per les finestres a l'estiu, que implicarà a la pràctica que les finestres hagin de comptar amb elements de protecció solar: persianes, porticons o tendals. Un cop més, es tracta d'una limitació pensada per edificis amb alta càrrega interna que hagin d'evitar la radiació solar.
- **Infiltracions.** S'incideix en la importància de que els edificis siguin més hermètics evitant així infiltracions d'aire que suposin pèrdues energètiques no desitjades, especialment a l'hivern. En habitatges de més de 120m<sup>2</sup>, s'hauran de realitzar un assaig d'infiltracions segons el mètode "B" de la norma UNE-EN 12829:2002 "Determinació de l'estanquitat de l'aire en edificis. Mètode de pressurització per medi de ventilat", també anomenat com el test de "Blower-door".

## **Exigència bàsica HE2: Condicions de les instal·lacions tèrmiques**

Es fa referència al Reglament d'Instal·lacions Tèrmiques als Edificis (RITE), que actualment es troba en modificació, principalment al que fa referència a les Instruccions Tècniques d'Eficiència Energètica.

## **Exigència bàsica HE3: Condicions de les instal·lacions d'il·luminació**

S'estableixen valors límit d'eficiència energètica de la instal·lació (VEEI) i de la instal·lació d'il·luminació (VEEllim). Aquests valors són plenament assumibles amb la tecnologia LED actual. A més a més, s'ha concretat com ha de ser el sistema de control d'il·luminació.

A cada zona, el sistema de control i regulació inclourà:

- a) Un sistema d'encesa i apagat manual extern al quadre elèctric.
- b) Un sistema d'encesa per horari centralitzat a cada quadre elèctric.

En zones d'ús esporàdic (lavabos, passadissos, escales, zones de trànsit, aparcaments, etc.) el sistema de l'apartat b) es podrà substituir per un control d'encesa i apagat per sistema de detecció de presència temporitzat, o un sistema de polsador temporitzat.

## **Exigència bàsica HE4: Contribució mínima d'energia renovable per cobrir la demanda d'aigua calenta sanitària**

Aquesta secció es veu importantment modificada. En primer lloc, es deixa de mencionar específicament a l'energia solar tèrmica. El Real Decret 732/2019 pretén facilitar la possibilitat d'instal·lació de bombes de calor, tal i com reclama el sector.

S'exigeix un 70% de contribució renovable per a escalfament d'aigua de piscines i per la producció d'ACS quan el consum diari sigui superior a 5000 litres a 60°C. Si el consum diari de l'edifici és inferior a aquesta xifra, la contribució renovable mínima serà del 60%.

En habitatges, on l'ACS no ha d'estar permanentment a 60°C, la contribució renovable mínima serà per la majoria dels casos del 60%. Aquesta exigència podria estar coberta mitjançant una bomba de calor d'eficiència mitja estacional superior a 2,5. Això serà fàcil d'aconseguir especialment per les zones climàtiques A, B i C. Les bombes de calor per ACS són un sistema que, ben controlat, pot resultar de gran ajuda per millorar l'autoconsum fotovoltaic (en aquest moment no és obligatori per a habitatges segons el HE5 explicat a continuació).

En edificis que s'apliqui el Real Decret 865 de Legionella, l'ACS ha d'estar permanentment a 60°C i la contribució renovable mínima ha de ser del 70% (consum major de 5000 litres/dia). El més adequat serà utilitzar energia solar tèrmica. És evident que cada projecte haurà de realitzar un anàlisi en profunditat que haurà de considerar totes les condicions de l'edifici, l'ús i el seu entorn.

Desapareix el sistema de referència i per tant, la comparació de sistemes alternatius respecte a aquesta referència (solar + caldera). En qualsevol cas, l'exigència dels valors límit d'energia primària no renovable i total establerts en la Secció HE0 són tan baixos que hauran de tenir-se en consideració en el disseny i dimensionament de la instal·lació de producció d'ACS que es realitzi.

### **Exigència bàsica HE5: Generació mínima d'energia elèctrica**

La nova exigència s'ha centrat en edificis de superfície construïda superior a 3000 m². S'exigeix una instal·lació fotovoltaica de potència entre 30 i 100 kW. La potència mínima a instal·lar  $P_{\min}$  s'obindrà a partir de la següent expressió:  $P_{\min} = 0,01 Sc$ , sense superar el valor límit especificat com a:  $P_{\lim} = 0,05 SCob$ .

Sent  $P_{\min}$  i  $P_{\lim}$  potència a instal·lar [kW];  $Sc$  la superfície construïda de l'edifici [m²] i  $SCob$  la superfície construïda de coberta [m²].

Es tracta d'un increment molt important de l'exigència de generació d'energia als edificis (a la pràctica, serà majoritàriament fotovoltaica). A més a més, aquesta autoproducció d'energia es podrà tenir en compte per els valors mínims especificats en la Secció HE 0.

## 4. CAS D'ESTUDI: ELS EDIFICIS DE LA UPC ANALITZATS

En aquest punt es presentaran els edificis seleccionats per a l'anàlisi. Se'n mostrarà la seva ubicació així com entorn geogràfic, aspectes importants a l'hora de decidir un sistema o altre de HVAC. A més a més, es comentaran alguns detalls referents a l'arquitectura que segueixen els edificis.

### 4.1 UBICACIÓ I ENTORN

Els aularis, o edificis A1 a A6 formen part del conjunt d'edificis del Campus Nord de la UPC, amb un total d'uns 103500 m<sup>2</sup> de superfície construïda, amb emplaçament al C/ Jordi Girona, 1-3 de la ciutat de Barcelona.

La construcció dels aularis data de l'any 1984, mentre que els projectes per les instal·lacions de clima es van desenvolupar entre els anys 1988 i 1989 per a cada un dels aularis.

Els edificis estan destinats a l'ús acadèmic, combinant aules per desenvolupar classes teòriques amb laboratoris per dur a terme sessions de pràctiques.

Actualment, la referència catastral de l'edificació és 5924301DF2852D0001DZ i es pot obtenir a través de la pàgina web del Ministeri d'Hisenda i Administració Pública

Els aularis es troben situats a l'oest de la ciutat de Barcelona, concretament al districte de "Les Corts". A la Figura 4 presentada a continuació es mostra la ubicació del Campus Nord.



Figura 4. Ubicació del Campus Nord – UPC.

Un cop presentada la ubicació, es segueix amb un anàlisi de l'entorn de l'edifici. La finalitat d'aquesta avaluació és poder conèixer l'impacte que tenen sobre els edificis els diversos elements característics de l'entorn, com per exemple: el clima, la situació o els diferents edificis o equipaments que envolten l'edifici.

#### 4.1.1 ENTORN GEOGRÀFIC

Com ja s'ha comentat en aquest mateix apartat, els aularis del Campus Nord es situen a la ciutat de Barcelona, concretament al districte de Les Corts.

Aquest districte és un dels deu que conformen la ciutat i es situa a l'oest d'aquesta. Té una extensió aproximada de 6 km<sup>2</sup> i una població de 85.000 habitants. Està situat a uns 9 km del de la costa, la qual cosa fa que tingui un clima de costa, a una alçada de 9 metres respecte el nivell del mar.

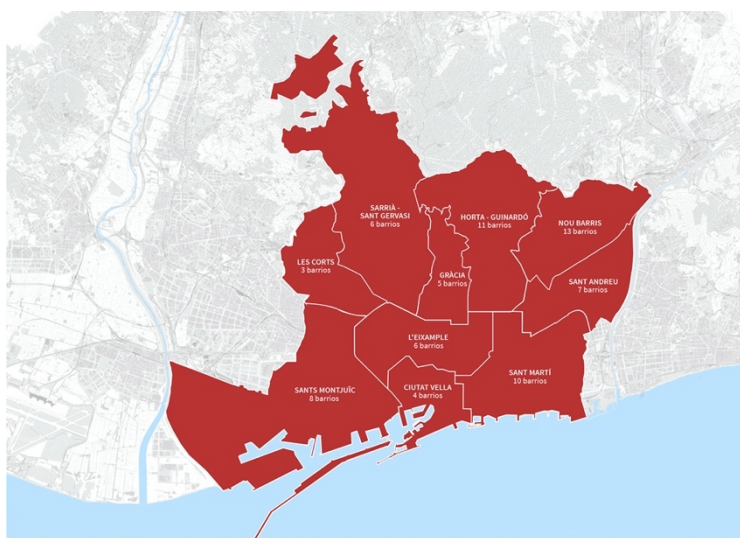


Figura 5. Mapa dels districtes de Barcelona.

#### 4.1.2 ENTORN CLIMÀTIC

Barcelona és una ciutat situada al costat del mar, fet que li atribueix el seu clima mediterrani. En aquest apartat es pretenen presentar i definir les condicions climatològiques que afecten a Barcelona.

El Codi Tècnic de l'Edificació estableix el següent mapa de zones climàtiques segons el qual s'han de tenir en compte un seguit de mesures a l'hora de dimensionar les instal·lacions de climatització de l'edifici.

Com s'ha especificat en el punt “2.3.1 Càlcul de la qualificació energètica”, la zona climàtica es classifica segons la nomenclatura que es mostra a la Figura 6. La província de Barcelona i la pròpia ciutat reben la categoria “C2”.

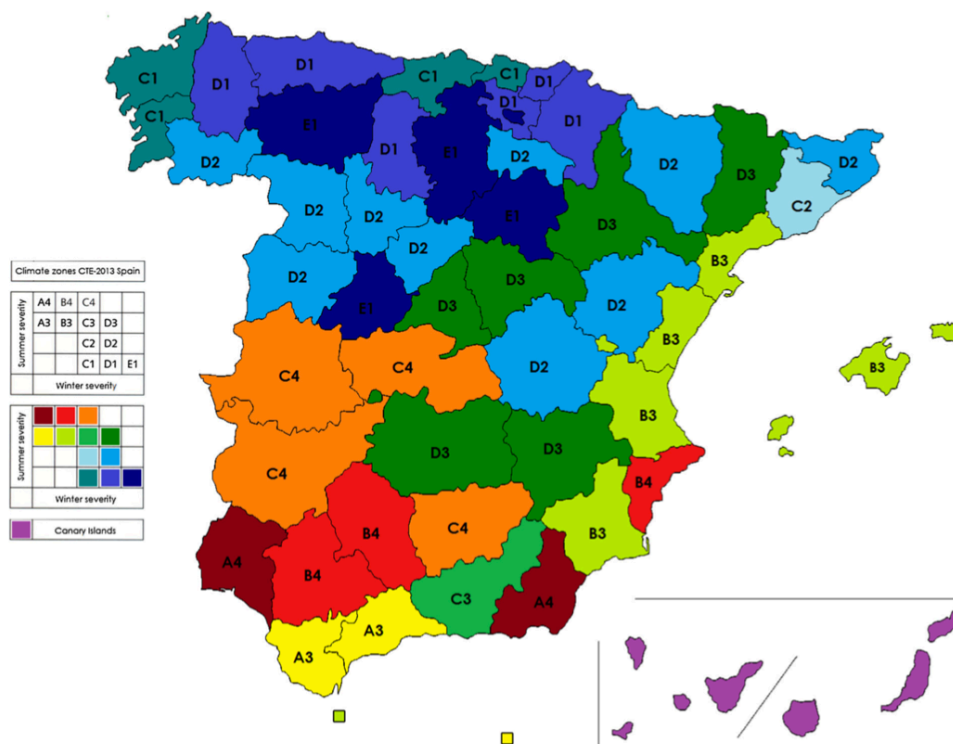


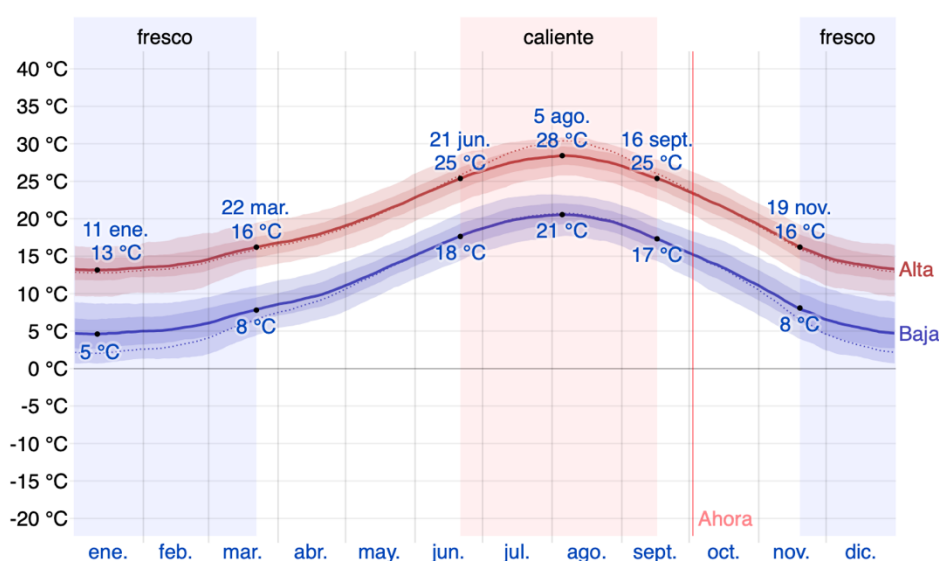
Figura 6. Mapa de les zones climàtiques a Espanya [9].

Seguidament, es presenta un anàlisi de les principals característiques climatològiques de la ciutat de Barcelona. Les dades que es mostren són el recull de diferents dades obtingudes en observatoris de la ciutat [10], agrupades i tractades per tal de mostrar-ne un anàlisi resumit i visual. En aquest punt es comprovaran les següents característiques: temperatura, nuvolositat, pluja, sol i humitat.



## TEMPERATURA

Les temperatures càlides duren 2,9 mesos, del 21 de juny fins al 16 de setembre, i la temperatura màxima mitjana diària per aquest període és lleugerament superior als 25 °C. El dia més càlid de l'any és el 5 d'agost, amb una temperatura màxima mitjana de 28 °C i una temperatura mínima de 21 °C.



Gràfic 3. Temperatura màxima i temperatura mitjana. La temperatura màxima (línia vermella) i la temperatura mínima (línia blava) mitjana diària.

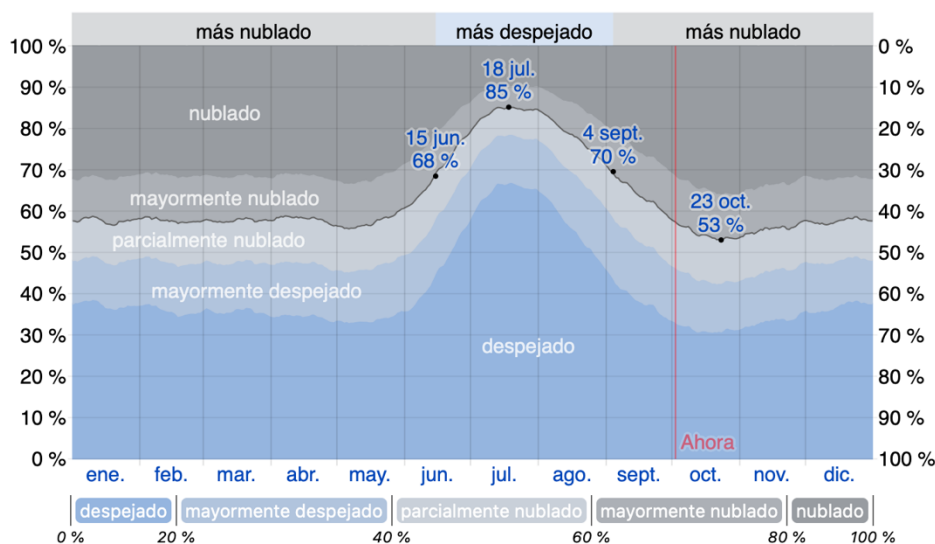
## NUVOLOSITAT

A Barcelona, la mitjana de percentatge de cel cobert amb núvols varia considerablement durant el transcurs de l'any.

L'època més serena de l'any comença aproximadament el 15 de juny, dura 2,7 mesos i acaba, més o menys, el 4 de setembre (corresponent a l'estiu). La mitjana dels registres indica que el 18 de juliol és el dia més serè de l'any amb 85% del temps sense núvols i un 15% tapat o totalment ennuvolat.

Per altra banda, la part més ennuvolada de l'any comença, aproximadament el 4 de setembre, dura 9,3 mesos (la resta de l'any) i acaba just per intercanviar-se amb l'altre cicle, el 15 de

juny. El 23 d'octubre, és el dia més núvol de l'any amb un cel tapat el 47% del temps total i parcialment ennuvolat el 53% del temps total restant.

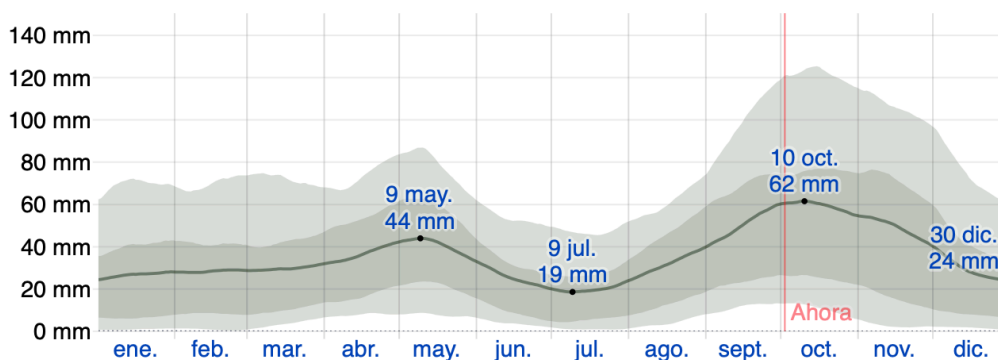


Gràfic 4. Nuvolositat a Barcelona.

## PLUJA

Barcelona té una variació lleugera de pluja mensual per estació. La major precipitació es situa a la tardor, entre les dues últimes setmanes de setembre i les primeres d'octubre, amb una acumulació total mitjana de 62 mil·límetres.

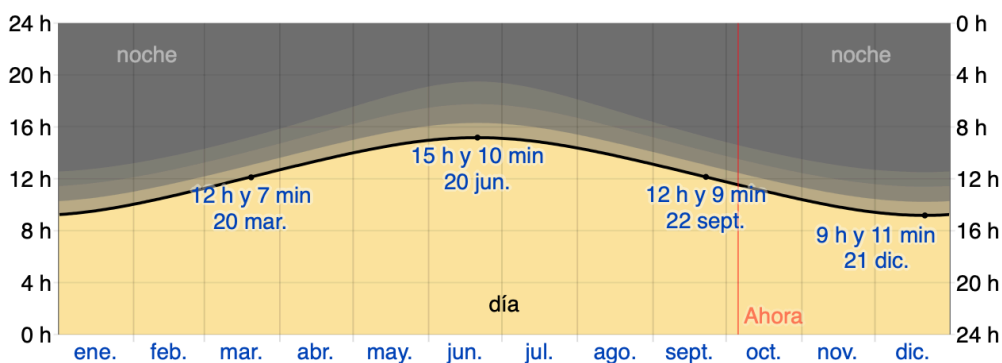
La data aproximada amb la menor quantitat de pluja és a l'estiu, entre final de juny i principis de juliol. Amb una acumulació total mitjana de 19 mil·límetres.



Gràfic 5. Pluja a mensual a Barcelona. La línia sòlida representa la pluja mitjana acumulada en un període de 31 dies centrats en el dia en qüestió.

## SOL

La duració del dia a Barcelona varia considerablement durant l'època de l'any. Cada any, el dia més curt i el més llarg són els mateixos, coincidint amb els solsticis d'hivern i d'estiu respectivament. El 21 de desembre, el dia més curt, té de mitjana 9 hores i 11 minuts de llum natural. El dia més llarg per altra banda, el 20 de juny, té 15 hores i 10 minuts de llum solar.

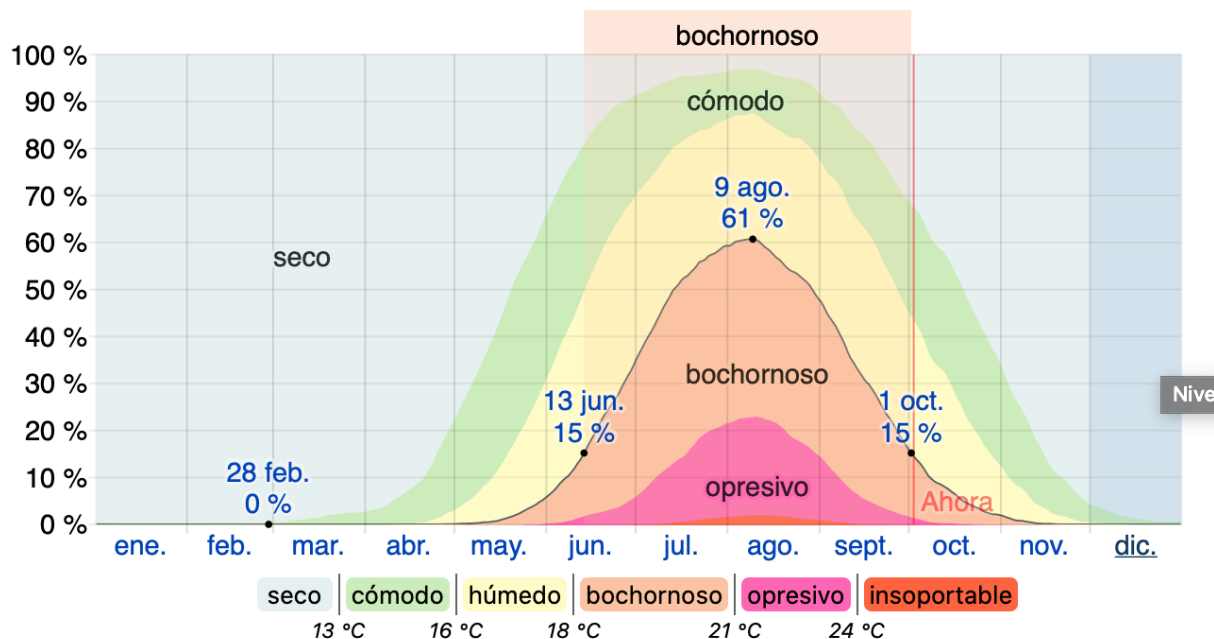


Gràfic 6. Hores de llum natural i crepuscular. La quantitat d'hores durant les quals el sol està visible (línia negra). En groc, hores de dia; en gris, hores de nit.

## HUMITAT

El nivell de comoditat que es té en climes humits pren com a referència el punt de rosada, ja que aquest determina si la suor s'evaporarà de la pell refredant així el nostre cos. Quan els punts de rosada són inferiors a l'habitual, es nota un ambient més sec i quan són més alts, es nota més humit. A diferència de la temperatura, que generalment varia considerablement entre nit i dia, el punt de rosada tendeix a variar més lentament. És a dir, una dia humit tindrà, molt probablement, una nit humida.

A Barcelona la humitat varia extremadament segons l'època de l'any. El període més humit dura 3,6 mesos, del 13 de juny a l'1 d'octubre, i durant aquest temps el nivell d'humitat és considerat com a xafogor, opressiu o insuportable al menys durant un 15% del temps total. El dia més humit de l'any és el 9 d'agost, amb un 61% d'humitat. Per altra banda, el dia més sec de l'any és el 28 de febrer.



Gràfic 7. El percentatge de temps distribuït en diferents nivells de comoditat.

## 4.2 DESCRIPCIÓ DELS EDIFICIS

En aquest punt es presenten els edificis seleccionats pel cas d'estudi. Es tracta d'un conjunt de 6 mòduls que conformen els aularis de la Universitat Politècnica de Catalunya, de l'aulari A1 a l'aulari A6. En aquest treball, s'analitzaran els 6 edificis esmentats. La Figura 7 mostra un mapa esquematitzat de l'emplaçament dels aularis dins el Campus Nord de la UPC.

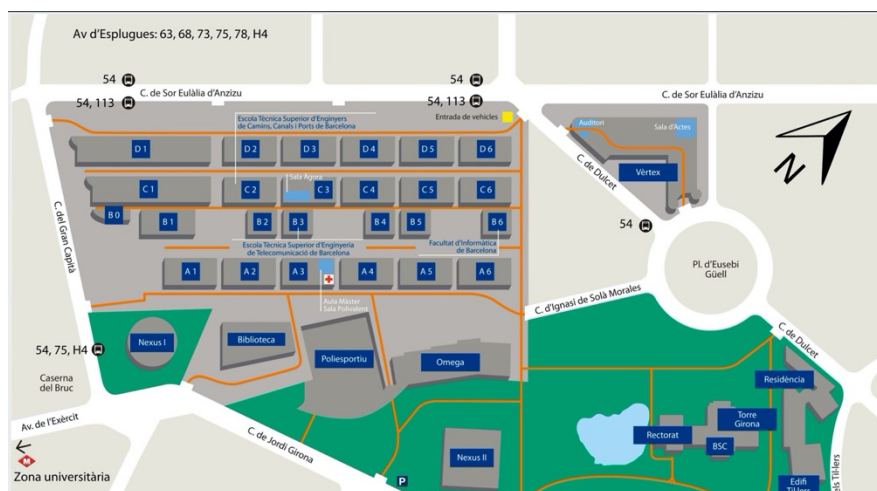


Figura 7. Mapa emplaçament Aularis Campus Nord.

Els aularis seleccionats formen part d'un total de 6 edificis que, a nivell arquitectònic, segueixen el mateix patró. Tal i com es mostra en la Figura 7, es pot observar la ubicació dels aularis dins el Campus Nord. L'entrada principal de l'edifici queda a la façana que dona als edificis: Nexus I, Biblioteca, Poliesportiu i Omega.

A continuació es presenta una imatge aèria dels edificis. Es troben situats l'un al costat de l'altra, ocupant la primera línia de la Figura 8.



Figura 8. Vista aèria dels Aularis del Campus Nord.

#### 4.2.1 FAÇANES

Un aspecte molt important a considerar a l'hora de dur a terme un estudi dels sistemes de climatització i ventilació d'un edifici és la orientació de les seves façanes.

Poder analitzar com afecta l'aportació solar a les façanes exteriors dels edificis és clau a l'hora de determinar les càrregues tèrmiques que hi ha l'interior de l'edifici.

Coneixent aquesta informació, es pot determinar la demanda energètica necessària per tal de cobrir les necessitats tèrmiques en qualsevol època de l'any.

A continuació es presenten com són les façanes dels edificis seleccionats pel cas d'estudi.





Figura 9. Façana sud-est dels aularis.



Figura 10. Façana nord-est dels aularis.



Figura 11. Façana nord-oest dels aularis.



Figura 12. Punts d'unió entre aularis.

En les 4 imatges que s'acaben de mostrar (de la Figura 9 a la Figura 12) es poden observar les diferents façanes que conformen els edificis. El seu anàlisi i l'impacte que tenen en el consum d'energia queda fora de l'abast del present treball, encara que és important remarcar que estan construïdes per una combinació de maons i superfície de vidre. Aquest últim material es troba únicament a les façanes principals (Figura 9 i Figura 11) ocupant, aproximadament, un 80% de la superfície total. És important remarcar que l'aulari 1, al trobar-

se situat a l'extrem, és l'únic que compte amb una façana en direcció sud-oest, ja que per els altres edificis aquesta està tapada per l'aulari adjacent. El mateix passa amb l'aulari 6, però en aquest cas la façana descoberta es troba orientada en direcció nord-est.

També és remarcable que els aularis estan connectats entre ells per uns ponts que els uneixen lateralment (veure Figura 12). Per tant, l'aportació solar a les façanes que queden en aquesta zona serà menor degut a l'ombra projectada pels propis aularis.

Degut al poc espai que hi ha entre aularis, durant la major part del dia les façanes orientades al nord-est estan cobertes per l'ombra projectada de l'edifici a la seva esquerra, la qual cosa fa que l'energia aportada pel sol sigui menor. Per tant doncs, tant l'aulari 1 com l'aulari 6 seran els edificis amb més càrrega tèrmica aportada pel sol, ja que les seves façanes exteriors no estan cobertes per cap altre edifici adjacent. És d'esperar, que la resta d'aularis presentin valors menors.

## 4.2.2 SUPERFÍCIES

Cada un dels aularis està format per una planta soterrani (PS), d'uns 1400 m<sup>2</sup>, planta baixa (PB), planta primera (P1), planta segona (P2) i planta coberta (PC). De les plantes PB a PC, la superfície es manté igual per a cada una d'elles, aproximadament uns 500 m<sup>2</sup> per planta.

La distribució d'aules segueix un mateix patró per als diferents aularis. Aquestes es descriuen segons si estan al costat "mar" o al costat "muntanya". En tots els edificis hi podem trobar les aules que es mostren a continuació.



Figura 13. Aules tipus amfiteatre.





Figura 14. Aules costat mar.



Figura 15. Aules costat muntanya.

A banda de les aules destinades a la docència, també hi tenim sales d'actes, com l'aula màster o la sala polivalent; sala d'exposicions, aules informàtiques, tallers, despatxos per a professorat i sales destinades a les instal·lacions de l'edifici.

El servei d'infraestructures de la UPC ha proporcionat les dades de superfície i de capacitat de cada una de les aules dels aularis. A més a més, els espais estan separats segons el seu ús, la qual cosa permet separar els espais que requereixen de climatització dels que no.

Els tipus d'espais d'ús segons si són climatitzats o no són:

- Climatitzats:
  - Docència: Aules de classe, laboratoris, tallers, aules informàtiques, etc.
  - Treball: Despatxos.
  - Suport: Magatzems, sala d'exposicions, sala d'estudi, etc.
- No climatitzats:
  - Serveis: Zones de pas, escales, vestidor, lavabos, etc.

- Instal·lacions: Sales d'instal·lacions i de manteniment.

Un cop definits els espais climatitzats dels que no ho estan, es presenten les taules de superfícies amb el seu ús corresponent i la ocupació màxima de cada una.

## A1

Les dades per a l'aulari 1 són les següents:

EDIFICI	PLANTA	CATEGORIA D'ESPAI	TIPUS D'ESPAI	SUPERFICIE	CAPACITAT
A1	P00	02DOCENCIA	AULA TEOR.	125,08	140
A1	P00	02DOCENCIA	AULA TEOR.	125,08	140
A1	P00	04SERVEIS	PAS/ESCALA	5,22	0
A1	P00	04SERVEIS	PAS/ESCALA	113,72	0
A1	P00	04SERVEIS	LAVABOS	3,42	0
A1	P00	05INSTAL	I.DIVERSES	1,26	0
A1	P00	04SERVEIS	LAVABOS	8,52	0
A1	P00	04SERVEIS	LAVABOS	8,98	0
A1	P00	04SERVEIS	PAS/ESCALA	39,91	0
A1	P00	04SERVEIS	LAVABOS	8,59	0
A1	P00	05INSTAL	ELECTR.	1,26	0
A1	P00	04SERVEIS	LAVABOS	8,91	0
A1	P00	04SERVEIS	PAS/ESCALA	39,16	0
A1	P00	05INSTAL	I.DIVERSES	0,98	0
A1	P00	05INSTAL	I.DIVERSES	1,01	0
A1	P01	02DOCENCIA	AULA TEOR.	70,67	50
A1	P01	02DOCENCIA	AULA TEOR.	103,12	78
A1	P01	02DOCENCIA	AULA TEOR.	70,67	50
A1	P01	02DOCENCIA	AULA TEOR.	96,53	64
A1	P01	02DOCENCIA	AULA TEOR.	94,7	64
A1	P01	04SERVEIS	PAS/ESCALA	112,38	0
A1	P01	04SERVEIS	PAS/ESCALA	31,5	0
A1	P01	04SERVEIS	LAVABOS	3,24	0
A1	P01	05INSTAL	I.DIVERSES	1,26	0
A1	P01	04SERVEIS	PAS/ESCALA	7,7	0
A1	P01	04SERVEIS	LAVABOS	12,09	0
A1	P01	04SERVEIS	PAS/ESCALA	33,28	0
A1	P01	05INSTAL	I.DIVERSES	1,26	0
A1	P01	04SERVEIS	PAS/ESCALA	6,99	0
A1	P01	04SERVEIS	LAVABOS	12,9	0
A1	P01	04SERVEIS	PAS/ESCALA	18	0
A1	P02	02DOCENCIA	AULA TEOR.	66,93	40
A1	P02	02DOCENCIA	AULA TEOR.	96,56	64
A1	P02	02DOCENCIA	AULA TEOR.	66,93	40
A1	P02	02DOCENCIA	AULA TEOR.	66,5	0
A1	P02	02DOCENCIA	AULA TEOR.	64,5	40
A1	P02	02DOCENCIA	AULA TEOR.	66,5	0
A1	P02	04SERVEIS	LAVABOS	3,42	0
A1	P02	05INSTAL	I.DIVERSES	1,26	0
A1	P02	04SERVEIS	PAS/ESCALA	21,04	0
A2	P01	04SERVEIS	PAS/ESCALA	20,46	0
A1	P00	04SERVEIS	PAS/ESCALA	20,46	0
A0	P01	04SERVEIS	PAS/ESCALA	20,46	0
A1	P02	04SERVEIS	PAS/ESCALA	20,46	0
A1	P02	04SERVEIS	PAS/ESCALA	7,02	0
A1	P02	04SERVEIS	LAVABOS	12,95	0
A1	P02	05INSTAL	I.DIVERSES	31,93	0
A1	P02	05INSTAL	I.DIVERSES	6,9	0
A1	P02	04SERVEIS	ESTUDIANTS	15	0
A1	P02	04SERVEIS	PAS/ESCALA	14	0
A1	P02	07E.CONCESS	C.DIVERSES	18,98	0
A1	P02	05INSTAL	I.DIVERSES	1,26	0
A1	P0E	04SERVEIS	PAS/ESCALA	29,47	0
A1	P0E	04SERVEIS	NETEJA	3,42	0
A1	P0E	04SERVEIS	PAS/ESCALA	28,93	0
A1	PS1	02DOCENCIA	LAB-TALLER	276,18	0
A1	PS1	04SERVEIS	PAS/ESCALA	11,92	0
A1	PS1	04SERVEIS	PAS/ESCALA	25,9	0
A1	PS1	01TREBALL	S.TREBALL	585,26	0
A1	PS1	03SUPORT	MAGATZEM	15,55	0
A1	PS1	03SUPORT	MAGATZEM	22,46	0
A1	PS1	05INSTAL	I.DIVERSES	23,33	0
A1	PS1	04SERVEIS	VESTIDOR	36,7	0
A1	PS1	05INSTAL	I.DIVERSES	13,1	0
A1	PS1	02DOCENCIA	LAB-TALLER	25,78	0
A1	PS1	04SERVEIS	NETEJA	1,72	0
A1	PS1	05INSTAL	ELEVADORS	3,32	0
A1	PS1	04SERVEIS	PAS/ESCALA	17,31	0
A1	PS1	04SERVEIS	PAS/ESCALA	12,62	0
A1	PS1	04SERVEIS	PAS/ESCALA	2,84	0
A1	PS1	01TREBALL	DESPATX	10,88	0
A1	PS1	04SERVEIS	LAVABOS	15,55	0
A1	PS1	05INSTAL	GALERIA	10,27	0
A1	PS1	04SERVEIS	PAS/ESCALA	132,75	0
A1	PS1	04SERVEIS	PAS/ESCALA	18,75	0
A1	PS1	04SERVEIS	PAS/ESCALA	39,46	0
TOTALS				3174,38	770

Taula 1. Superfícies, usos i ocupacions de l'aulari 1.

La Taula 1 mostra que l'aulari 1 té una superfície total de 3174 m<sup>2</sup>, amb una ocupació màxima de 770 persones.

Tenint en compte el criteri anteriorment comentat, l'aulari 1 presenta 2050 m<sup>2</sup> de zones climatitzades, és a dir, un 64,58% de la seva superfície total.

## A2

Les dades per l'aulari 2 són les següents:

EDIFICI	PLANTA	CATEGORIA D'ESPai	TIPUS D'ESPai	SUPERFICIE	CAPACITAT
A2	P00	02DOCENCIA	AULA TEOR.	125,08	140
A2	P00	02DOCENCIA	AULA TEOR.	125,08	140
A2	P00	04SERVEIS	PAS/ESCALA	5,22	0
A2	P00	04SERVEIS	PAS/ESCALA	113,72	0
A2	P00	05INSTAL	I.DIVERSES	1,26	0
A2	P00	03SUPORT	MAGATZEM	8,54	0
A2	P00	03SUPORT	MAGATZEM	8,88	0
A2	P00	04SERVEIS	PAS/ESCALA	40,06	0
A2	P00	05INSTAL	I.DIVERSES	1,01	0
A2	P00	04SERVEIS	LAVABOS	8,61	0
A2	P00	04SERVEIS	LAVABOS	8,82	0
A2	P00	05INSTAL	I.DIVERSES	1,26	0
A2	P00	04SERVEIS	LAVABOS	3,42	0
A2	P00	04SERVEIS	PAS/ESCALA	39,17	0
A2	P00	05INSTAL	I.DIVERSES	0,98	0
A2	P01	02DOCENCIA	AULA TEOR.	70,4	46
A2	P01	02DOCENCIA	AULA TEOR.	101,57	76
A2	P01	02DOCENCIA	AULA TEOR.	70,4	50
A2	P01	02DOCENCIA	AULA TEOR.	92,57	64
A2	P01	02DOCENCIA	AULA TEOR.	89,91	64
A2	P01	05INSTAL	I.DIVERSES	1,26	0
A2	P01	04SERVEIS	PAS/ESCALA	33,39	0
A2	P01	04SERVEIS	PAS/ESCALA	6,92	0
A2	P01	04SERVEIS	LAVABOS	12,86	0
A2	P01	04SERVEIS	PAS/ESCALA	119,7	0
A2	P01	05INSTAL	I.DIVERSES	1,26	0
A2	P01	04SERVEIS	LAVABOS	3,24	0
A2	P01	04SERVEIS	PAS/ESCALA	33,84	0
A2	P01	04SERVEIS	PAS/ESCALA	18	0
A2	P01	04SERVEIS	PAS/ESCALA	6,99	0
A2	P01	04SERVEIS	LAVABOS	13,08	0
A2	P02	02DOCENCIA	AULA TEOR.	70,4	46
A2	P02	02DOCENCIA	AULA TEOR.	101,57	76
A2	P02	02DOCENCIA	AULA TEOR.	70,4	50
A2	P02	02DOCENCIA	AULA TEOR.	92,57	64
A2	P02	02DOCENCIA	AULA TEOR.	89,91	64
A2	P02	04SERVEIS	PAS/ESCALA	119,7	0
A2	P02	04SERVEIS	LAVABOS	3,24	0
A2	P02	05INSTAL	I.DIVERSES	1,26	0
A2	P02	04SERVEIS	PAS/ESCALA	21,92	0
A2	P02	04SERVEIS	PAS/ESCALA	6,99	0
A2	P02	04SERVEIS	LAVABOS	12,9	0
A2	P02	04SERVEIS	PAS/ESCALA	22,4	0
A2	P02	05INSTAL	I.DIVERSES	1,26	0
A2	P02	04SERVEIS	PAS/ESCALA	6,92	0
A2	P02	05INSTAL	I.DIVERSES	31,93	0
A2	P02	05INSTAL	I.DIVERSES	6,9	0
A2	P02	03SUPORT	MAGATZEM	15	0
A2	P02	04SERVEIS	PAS/ESCALA	14	0
A2	P02	05INSTAL	I.DIVERSES	18,98	0
A2	P02	04SERVEIS	LAVABOS	12,9	0
A2	P0E	04SERVEIS	PAS/ESCALA	29,47	0
A2	P0E	04SERVEIS	PAS/ESCALA	28,93	0
A2	P0E	04SERVEIS	NETEJA	3,42	0
A2	PS1	02DOCENCIA	AULA INF.	86,14	0
A2	PS1	02DOCENCIA	AULA INF.	38,93	0
A2	PS1	05INSTAL	VEU-DADES	19,24	0
A2	PS1	05INSTAL	VEU-DADES	20,33	0
A2	PS1	02DOCENCIA	AULA INF.	39,15	0
A2	PS1	02DOCENCIA	AULA INF.	84,93	0
A2	PS1	02DOCENCIA	AULA INF.	37,42	0
A2	PS1	02DOCENCIA	AULA INF.	40,44	0
A2	PS1	02DOCENCIA	AULA INF.	42,06	0
A2	PS1	02DOCENCIA	AULA INF.	40,43	0
A2	PS1	02DOCENCIA	AULA INF.	40,5	0
A2	PS1	02DOCENCIA	AULA INF.	80,67	0
A2	PS1	04SERVEIS	VESTIDOR	89,77	0
A2	PS1	03SUPORT	ARXIU	35,76	0
A2	PS1	04SERVEIS	PAS/ESCALA	65,5	0
A2	PS1	05INSTAL	I.DIVERSES	2,84	0
A2	PS1	05INSTAL	ELECTR.	12,62	0
A2	PS1	04SERVEIS	PAS/ESCALA	34,72	0
A2	PS1	03SUPORT	MAGATZEM	4,57	0
A2	PS1	05INSTAL	ELEVADORS	3,32	0
A2	PS1	07E. CONCESS	C.DIVERSES	6,4	0
A2	PS1	04SERVEIS	PAS/ESCALA	14,63	0
A2	PS1	03SUPORT	MAGATZEM	1,72	0
A2	PS1	05INSTAL	ELECTR.	34,89	0
A2	PS1	05INSTAL	ELECTR.	34,61	0
A2	PS1	04SERVEIS	VESTIDOR	21,78	0
A2	PS1	04SERVEIS	VESTIDOR	12,46	0
A2	PS1	04SERVEIS	PAS/ESCALA	6,77	0
A2	PS1	04SERVEIS	PAS/ESCALA	94,98	0
A2	PS1	01TREBALL	DESPATX	10,88	0
A2	PS1	04SERVEIS	LAVABOS	15,25	0
A2	PS1	03SUPORT	MAGATZEM	1,99	0
A2	PS1	03SUPORT	MAGATZEM	3,42	0
A2	PS1	04SERVEIS	ESTUDIANTS	38,02	0
A2	PS1	04SERVEIS	VESTIDOR	15,55	0
A2	PS1	04SERVEIS	PAS/ESCALA	143,64	0
A2	PS1	03SUPORT	MAGATZEM	10,88	0
A2	PS1	04SERVEIS	PAS/ESCALA	19,43	0
A2	PS1	04SERVEIS	LAVABOS	15,24	0
TOTALS				3271,35	880

Taula 2. Superfícies, usos i ocupacions de l'aulari 2.

La Taula 2 mostra que l'aulari 2 té una superfície total de 3271 m<sup>2</sup>, amb una ocupació màxima de 880 persones.

Tenint en compte el criteri anteriorment comentat, l'aulari 2 presenta 1732 m<sup>2</sup> de zones climatitzades, és a dir, un 52,95% de la seva superfície total.

## A3

Les dades de l'aulari 3 són les següents:

EDIFICI	PLANTA	CATEGORIA D'ESPai	TIPUS D'ESPai	SUPERFICIE	CAPACITAT
A3	P00	04SERVEIS	PAS/ESCALA	81,9	120
A3	P00	04SERVEIS	LAVABOS	3,42	120
A3	P00	05INSTAL	I.DIVERSES	1,26	0
A3	P00	04SERVEIS	LAVABOS	9,55	0
A3	P00	04SERVEIS	LAVABOS	7,71	0
A3	P00	04SERVEIS	NETEJA	25,57	0
A3	P00	04SERVEIS	PAS/ESCALA	29,95	0
A3	P00	04SERVEIS	PAS/ESCALA	9,47	0
A3	P00	05INSTAL	I.DIVERSES	25,57	0
A3	P00	04SERVEIS	LAVABOS	9,41	0
A3	P00	04SERVEIS	LAVABOS	9,41	0
A3	P00	05INSTAL	I.DIVERSES	1,26	0
A3	P00	04SERVEIS	PAS/ESCALA	77,26	0
A3	P01	02DOCENCIA	AULA TEOR.	66,93	40
A3	P01	02DOCENCIA	AULA TEOR.	96,56	64
A3	P01	02DOCENCIA	AULA TEOR.	66,93	40
A3	P01	02DOCENCIA	AULA TEOR.	66,5	40
A3	P01	02DOCENCIA	AULA TEOR.	64,5	40
A3	P01	02DOCENCIA	AULA TEOR.	66,5	40
A3	P01	05INSTAL	I.DIVERSES	1,26	0
A3	P01	04SERVEIS	PAS/ESCALA	33,66	0
A3	P01	04SERVEIS	LAVABOS	3,24	0
A3	P01	04SERVEIS	PAS/ESCALA	6,92	0
A3	P01	04SERVEIS	LAVABOS	12,9	0
A3	P01	04SERVEIS	PAS/ESCALA	115,26	0
A3	P01	05INSTAL	I.DIVERSES	1,26	0
A3	P01	04SERVEIS	PAS/ESCALA	34,11	0
A3	P01	04SERVEIS	PAS/ESCALA	7,02	0
A3	P01	04SERVEIS	LAVABOS	12,84	0
A3	P01	04SERVEIS	PAS/ESCALA	18	0
A3	P02	02DOCENCIA	AULA TEOR.	70,4	46
A3	P02	02DOCENCIA	AULA TEOR.	101,54	76
A3	P02	02DOCENCIA	AULA TEOR.	70,4	50
A3	P02	02DOCENCIA	LAB-TALLER	92,23	0
A3	P02	02DOCENCIA	AULA TEOR.	90,24	64
A3	P02	04SERVEIS	LAVABOS	3,24	0
A3	P02	05INSTAL	I.DIVERSES	1,26	0
A3	P02	04SERVEIS	PAS/ESCALA	21,7	0
A3	P02	04SERVEIS	PAS/ESCALA	6,92	0
A3	P02	04SERVEIS	LAVABOS	12,9	0
A3	P02	04SERVEIS	PAS/ESCALA	119,7	0
A3	P02	05INSTAL	I.DIVERSES	1,26	0
A3	P02	04SERVEIS	PAS/ESCALA	22,65	0
A3	P02	04SERVEIS	PAS/ESCALA	7,02	0
A3	P02	04SERVEIS	LAVABOS	12,91	0
A3	P02	04SERVEIS	PAS/ESCALA	18	0
A3	P0E	02DOCENCIA	AULA TEOR.	136,1	0
A3	P0E	02DOCENCIA	AULA TEOR.	137,41	0
A3	P0E	04SERVEIS	NETEJA	3,42	0
A3	P0E	04SERVEIS	PAS/ESCALA	29,47	0
A3	P0E	04SERVEIS	PAS/ESCALA	42,42	0
A3	PS1	04SERVEIS	PAS/ESCALA	34,37	0
A3	PS1	03SUPORT	S.ACTES	105,48	0
A3	PS1	01TREBALL	S.TREBALL	53,34	0
A3	PS1	03SUPORT	E.ANNEXOS	33,63	0
A3	PS1	03SUPORT	S.ACTES	154,14	0
A3	PS1	03SUPORT	E.ANNEXOS	5,79	0
A3	PS1	03SUPORT	MAGATZEM	5,85	0
A3	PS1	04SERVEIS	PAS/ESCALA	3,42	0
A3	PS1	05INSTAL	I.DIVERSES	8,72	0
A3	PS1	04SERVEIS	PAS/ESCALA	21,58	0
A3	PS1	04SERVEIS	PAS/ESCALA	23,45	0
A3	PS1	04SERVEIS	PAS/ESCALA	13,79	0
A3	PS1	04SERVEIS	PAS/ESCALA	65,07	0
A3	PS1	03SUPORT	MAGATZEM	12,79	0
A3	PS1	03SUPORT	S.EXPOSIC	94,95	0
A3	PS1	04SERVEIS	PAS/ESCALA	2,91	0
A3	PS1	04SERVEIS	LAVABOS	15,87	0
A3	PS1	05INSTAL	ELEVADORS	3,28	0
A3	PS1	04SERVEIS	CONSERG	22,72	0
A3	PS1	05INSTAL	I.DIVERSES	6,15	0
A3	PS1	05INSTAL	I.DIVERSES	1,45	0
A3	PS1	03SUPORT	S.EXPOSIC	5,76	0
A3	PS1	04SERVEIS	PAS/ESCALA	15,03	0
A3	PS1	04SERVEIS	VESTIDOR	18,82	0
A3	PS1	03SUPORT	MAGATZEM	19,38	0
A3	PS1	07E.CONCESS	C.MEDIC	86,73	0
A3	PS1	04SERVEIS	PAS/ESCALA	4,09	0
A3	PS1	04SERVEIS	PAS/ESCALA	6,8	0
A3	PS1	03SUPORT	S.EXPOSIC	5,18	0
A3	PS1	03SUPORT	MAGATZEM	3,29	0
A3	PS1	03SUPORT	MAGATZEM	3,26	0
A3	PS1	04SERVEIS	PAS/ESCALA	10,45	0
TOTALS				2834,86	740

Taula 3. Superfícies, usos i ocupacions de l'aulari 3.

La Taula 3 mostra que l'aulari 3 té una superfície total de 2834 m<sup>2</sup>, amb una ocupació màxima de 740 persones.

Tenint en compte el criteri anteriorment comentat, l'aulari 3 presenta 1629 m<sup>2</sup> de zones climatitzades, és a dir, un 57,48% de la seva superfície total.

## A4

Les dades de l'aulari 4 són les següents:

EDIFICI	PLANTA	CATEGORIA D'ESPAI	TIPUS D'ESPAI	SUPERFICIE	CAPACITAT
A4	P00	04SERVEIS	PAS/ESCALA	81,9	0
A4	P00	05INSTAL	I.DIVERSES	1,26	0
A4	P00	04SERVEIS	LAVABOS	9,41	0
A4	P00	04SERVEIS	LAVABOS	9,41	0
A4	P00	03SUPORT	MAGATZEM	25,57	0
A4	P00	03SUPORT	MAGATZEM	25,57	0
A4	P00	04SERVEIS	LAVABOS	9,55	0
A4	P00	05INSTAL	I.DIVERSES	1,26	0
A4	P00	04SERVEIS	LAVABOS	7,71	0
A4	P00	04SERVEIS	PAS/ESCALA	9,29	0
A4	P00	04SERVEIS	PAS/ESCALA	78,07	0
A4	P00	04SERVEIS	PAS/ESCALA	29,4	0
A4	P01	02DOCENCIA	AULA TEOR.	70,4	46
A4	P01	02DOCENCIA	AULA TEOR.	101,57	76
A4	P01	02DOCENCIA	AULA TEOR.	70,4	50
A4	P01	02DOCENCIA	AULA TEOR.	92,23	64
A4	P01	02DOCENCIA	AULA TEOR.	90,24	64
A4	P01	05INSTAL	I.DIVERSES	1,26	0
A4	P01	04SERVEIS	PAS/ESCALA	33,39	0
A4	P01	04SERVEIS	PAS/ESCALA	6,92	0
A4	P01	04SERVEIS	LAVABOS	12,99	0
A4	P01	04SERVEIS	PAS/ESCALA	119,7	0
A4	P01	05INSTAL	I.DIVERSES	1,26	0
A4	P01	04SERVEIS	PAS/ESCALA	33,84	0
A4	P01	04SERVEIS	PAS/ESCALA	7,02	0
A4	P01	04SERVEIS	LAVABOS	12,88	0
A4	P01	04SERVEIS	PAS/ESCALA	18	0
A4	P02	02DOCENCIA	AULA TEOR.	69,8	40
A4	P02	02DOCENCIA	AULA TEOR.	101,85	64
A4	P02	02DOCENCIA	AULA TEOR.	69,8	40
A4	P02	02DOCENCIA	AULA TEOR.	61,07	40
A4	P02	02DOCENCIA	AULA TEOR.	59,07	40
A4	P02	02DOCENCIA	AULA TEOR.	59,07	40
A4	P02	05INSTAL	I.DIVERSES	1,26	0
A4	P02	04SERVEIS	PAS/ESCALA	6,92	0
A4	P02	04SERVEIS	LAVABOS	12,81	0
A4	P02	05INSTAL	I.DIVERSES	1,26	0
A4	P02	04SERVEIS	PAS/ESCALA	22,79	0
A4	P02	05INSTAL	I.DIVERSES	39,58	0
A4	P02	05INSTAL	I.DIVERSES	13,59	0
A4	P02	04SERVEIS	PAS/ESCALA	7,02	0
A4	P02	04SERVEIS	PAS/ESCALA	15,3	0
A4	P02	04SERVEIS	PAS/ESCALA	122,82	0
A4	P02	05INSTAL	I.DIVERSES	18,98	0
A4	P02	04SERVEIS	LAVABOS	12,9	0
A4	P02	04SERVEIS	PAS/ESCALA	22,29	0
A4	P0E	02DOCENCIA	AULA TEOR.	137,47	120
A4	P0E	02DOCENCIA	AULA TEOR.	136,76	120
A4	P0E	04SERVEIS	PAS/ESCALA	42,97	0
A4	P0E	04SERVEIS	PAS/ESCALA	28,93	0
A4	PS1	05INSTAL	ELEVADORS	3,28	0
A4	PS1	05INSTAL	I.DIVERSES	6,15	0
A4	PS1	04SERVEIS	SEGURETAT	22,68	0
A4	PS1	05INSTAL	I.DIVERSES	1,45	0
A4	PS1	04SERVEIS	PAS/ESCALA	28,2	0
A4	PS1	05INSTAL	I.DIVERSES	3,13	0
A4	PS1	05INSTAL	I.DIVERSES	1,88	0
A4	PS1	04SERVEIS	PAS/ESCALA	84,68	0
A4	PS1	04SERVEIS	PAS/ESCALA	17,28	0
A4	PS1	04SERVEIS	LAVABOS	26,53	0
A4	PS1	04SERVEIS	LAVABOS	2,4	0
A4	PS1	04SERVEIS	PAS/ESCALA	13,49	0
A4	PS1	03SUPORT	S.ESTUDI	10,8	0
A4	PS1	03SUPORT	S.ESTUDI	13,99	0
A4	PS1	03SUPORT	S.ESTUDI	13,46	0
A4	PS1	03SUPORT	S.ESTUDI	23,05	0
A4	PS1	04SERVEIS	PAS/ESCALA	67,64	0
A4	PS1	04SERVEIS	NETEJA	10,36	0
A4	PS1	03SUPORT	MAGATZEM	2,66	0
A4	PS1	07E.CONCESS	RESTAURAC	3,28	0
A4	PS1	05INSTAL	I.DIVERSES	13,99	0
A4	PS1	04SERVEIS	PAS/ESCALA	15,03	0
A4	PS1	03SUPORT	S.ESTUDI	421,89	0
A4	PS1	01TREBALL	S.TREBALL	28,63	0
A4	PS1	04SERVEIS	LAVABOS	21,25	0
TOTALS				2881,99	804

Taula 4. Superfícies, usos i ocupacions de l'aulari 4.

La Taula 4 mostra que l'aulari 4 té una superfície total de 2882 m<sup>2</sup>, amb una ocupació màxima de 804 persones.

Tenint en compte el criteri anteriorment comentat, l'aulari 4 presenta 1685 m<sup>2</sup> de zones climatitzades, és a dir, un 58,46% de la seva superfície total.

**A5**

Les dades de l'aulari 5 són les seqüents:

EDIFICI	PLANTA	CATEGORIA D'ESPAI	TIPUS D'ESPAI	SUPERFICIE	CAPACITAT
A5	P00	02DOCCENCIA	AULA TEOR.	137,89	120
A5	P00	02DOCCENCIA	AULA TEOR.	137,89	120
A5	P00	04SERVEIS	LAVABOS	3,42	0
A5	P00	04SERVEIS	PAS/ESCALA	120,1	0
A5	P00	05INSTAL	I.DIVERSES	1,26	0
A5	P00	04SERVEIS	PAS/ESCALA	29,95	0
A5	P00	04SERVEIS	PAS/ESCALA	9,47	0
A5	P00	04SERVEIS	PAS/ESCALA	8,48	0
A5	P00	04SERVEIS	PAS/ESCALA	29,4	0
A5	P00	04SERVEIS	PAS/ESCALA	9,29	0
A5	P01	02DOCCENCIA	AULA TEOR.	70,4	46
A5	P01	02DOCCENCIA	AULA TEOR.	101,57	76
A5	P01	02DOCCENCIA	AULA TEOR.	70,4	50
A5	P01	02DOCCENCIA	AULA TEOR.	61,82	40
A5	P01	02DOCCENCIA	AULA TEOR.	59,83	40
A5	P01	02DOCCENCIA	AULA TEOR.	59,83	40
A5	P01	04SERVEIS	LAVABOS	3,24	0
A5	P01	05INSTAL	I.DIVERSES	1,26	0
A5	P01	04SERVEIS	PAS/ESCALA	33,39	0
A5	P01	04SERVEIS	PAS/ESCALA	7,54	0
A5	P01	04SERVEIS	PAS/ESCALA	119,7	0
A5	P01	04SERVEIS	LAVABOS	12,26	0
A5	P01	05INSTAL	I.DIVERSES	1,26	0
A5	P01	04SERVEIS	PAS/ESCALA	33,84	0
A5	P01	04SERVEIS	PAS/ESCALA	6,71	0
A5	P01	04SERVEIS	LAVABOS	13,22	0
A5	P01	04SERVEIS	PAS/ESCALA	18,72	0
A5	P02	02DOCCENCIA	AULA TEOR.	64,79	40
A5	P02	02DOCCENCIA	AULA TEOR.	94,54	64
A5	P02	02DOCCENCIA	AULA TEOR.	65,19	40
A5	P02	02DOCCENCIA	AULA TEOR.	66,5	40
A5	P02	02DOCCENCIA	AULA TEOR.	64,5	40
A5	P02	02DOCCENCIA	AULA TEOR.	64,5	40
A5	P02	04SERVEIS	PAS/ESCALA	123,34	0
A5	P02	04SERVEIS	LAVABOS	3,24	0
A5	P02	05INSTAL	I.DIVERSES	1,26	0
A5	P02	04SERVEIS	PAS/ESCALA	22,92	0
A5	P02	04SERVEIS	PAS/ESCALA	6,92	0
A5	P02	04SERVEIS	LAVABOS	12,9	0
A5	P02	05INSTAL	I.DIVERSES	1,26	0
A5	P02	04SERVEIS	PAS/ESCALA	22,67	0
A5	P02	04SERVEIS	PAS/ESCALA	7,02	0
A5	P02	04SERVEIS	LAVABOS	12,91	0
A5	P02	05INSTAL	I.DIVERSES	31,45	0
A5	P02	05INSTAL	I.DIVERSES	6,9	0
A5	P02	05INSTAL	I.DIVERSES	1,5	0
A5	P02	04SERVEIS	PAS/ESCALA	14,72	0
A5	P02	05INSTAL	I.DIVERSES	18,98	0
A5	P0E	02DOCCENCIA	AULA TEOR.	182,23	140
A5	P0E	02DOCCENCIA	AULA TEOR.	182,24	140
A5	P0E	04SERVEIS	PAS/ESCALA	14,62	0
A5	P0E	04SERVEIS	PAS/ESCALA	40,11	0
A5	P0E	04SERVEIS	LAVABOS	3,42	0
A5	P0E	04SERVEIS	PAS/ESCALA	39,36	0
A5	PS1	02DOCCENCIA	AULA INF.	29,6	0
A5	PS1	02DOCCENCIA	AULA INF.	69,91	0
A5	PS1	02DOCCENCIA	AULA INF.	35,77	0
A5	PS1	02DOCCENCIA	AULA INF.	71,17	0
A5	PS1	02DOCCENCIA	AULA INF.	34,51	0
A5	PS1	04SERVEIS	VESTIDOR	24,95	0
A5	PS1	02DOCCENCIA	AULA INF.	66,5	0
A5	PS1	02DOCCENCIA	AULA INF.	73,86	0
A5	PS1	01TREBALL	DESPATX	15,59	0
A5	PS1	05INSTAL	VEU-DADES	17,1	0
A5	PS1	02DOCCENCIA	AULA INF.	37,06	0
A5	PS1	02DOCCENCIA	AULA INF.	35,98	0
A5	PS1	02DOCCENCIA	AULA INF.	66,3	0
A5	PS1	04SERVEIS	PAS/ESCALA	24,43	0
A5	PS1	04SERVEIS	NETEJA	8,48	0
A5	PS1	04SERVEIS	LAVABOS	8,55	0
A5	PS1	04SERVEIS	LAVABOS	4,76	0
A5	PS1	04SERVEIS	LAVABOS	7,04	0
A5	PS1	03SUPORT	MAGATZEM	27,22	0
A5	PS1	05INSTAL	I.DIVERSES	5,31	0
A5	PS1	03SUPORT	MAGATZEM	9,29	0
A5	PS1	05INSTAL	I.DIVERSES	7,14	0
A5	PS1	04SERVEIS	PAS/ESCALA	165,13	0
A5	PS1	05INSTAL	I.DIVERSES	2,21	0
A5	PS1	04SERVEIS	PAS/ESCALA	10,95	0
A5	PS1	04SERVEIS	PAS/ESCALA	8,66	0
A5	PS1	04SERVEIS	PAS/ESCALA	18,03	0
A5	PS1	03SUPORT	MAGATZEM	3,35	0
A5	PS1	05INSTAL	ELEVADORS	3,6	0
A5	PS1	04SERVEIS	NETEJA	4,58	0
TOTALS				3242,66	1076

Taula 5. Superfícies, usos i ocupacions de l'aulari 5.

La Taula 5 mostra que l'aulari 5 té una superfície total de 3242 m<sup>2</sup>, amb una ocupació màxima de 1076 persones.

Tenint en compte el criteri anteriorment comentat, l'aulari 5 presenta 2060 m<sup>2</sup> de zones climatitzades, és a dir, un 63,54% de la seva superfície total.

## A6

Les dades de l'aulari 6 són les següents:

EDIFICI	PLANTA	CATEGORIA D'ESPAI	TIPUS D'ESPAI	SUPERFICIE	CAPACITAT
A6	P00	02DOCENCIA	AULA TEOR.	138,83	120
A6	P00	02DOCENCIA	AULA TEOR.	138,83	120
A6	P00	05INSTAL	I.DIVERSES	1,26	0
A6	P00	05INSTAL	I.DIVERSES	1,26	0
A6	P00	04SERVEIS	LAVABOS	3,42	0
A6	P00	04SERVEIS	PAS/ESCALA	29,95	0
A6	P00	04SERVEIS	PAS/ESCALA	9,47	0
A6	P00	04SERVEIS	PAS/ESCALA	120,41	0
A6	P00	04SERVEIS	PAS/ESCALA	8,48	0
A6	P00	04SERVEIS	PAS/ESCALA	29,4	0
A6	P00	04SERVEIS	PAS/ESCALA	9,29	0
A6	P01	02DOCENCIA	AULA TEOR.	70,4	46
A6	P01	02DOCENCIA	AULA TEOR.	101,57	76
A6	P01	02DOCENCIA	AULA TEOR.	70,4	50
A6	P01	02DOCENCIA	AULA TEOR.	61,82	40
A6	P01	02DOCENCIA	AULA TEOR.	59,83	40
A6	P01	02DOCENCIA	AULA TEOR.	59,83	40
A6	P01	05INSTAL	I.DIVERSES	1,26	0
A6	P01	04SERVEIS	PAS/ESCALA	33,39	0
A6	P01	04SERVEIS	PAS/ESCALA	6,92	0
A6	P01	04SERVEIS	PAS/ESCALA	33,84	0
A6	P01	05INSTAL	I.DIVERSES	1,26	0
A6	P01	04SERVEIS	LAVABOS	3,24	0
A6	P01	04SERVEIS	PAS/ESCALA	119,7	0
A6	P01	04SERVEIS	PAS/ESCALA	6,99	0
A6	P01	04SERVEIS	LAVABOS	13	0
A6	P01	04SERVEIS	LAVABOS	12,89	0
A6	P02	02DOCENCIA	AULA TEOR.	70,4	46
A6	P02	02DOCENCIA	AULA TEOR.	101,57	76
A6	P02	02DOCENCIA	AULA TEOR.	70,4	50
A6	P02	02DOCENCIA	AULA TEOR.	61,82	40
A6	P02	02DOCENCIA	AULA TEOR.	59,83	40
A6	P02	02DOCENCIA	AULA TEOR.	59,83	40
A6	P02	05INSTAL	I.DIVERSES	1,26	0
A6	P02	04SERVEIS	PAS/ESCALA	22,07	0
A6	P02	04SERVEIS	PAS/ESCALA	6,92	0
A6	P02	04SERVEIS	LAVABOS	12,99	0
A6	P02	05INSTAL	I.DIVERSES	1,26	0
A6	P02	04SERVEIS	PAS/ESCALA	119,7	0
A6	P02	04SERVEIS	PAS/ESCALA	22,35	0
A6	P02	04SERVEIS	LAVABOS	12,91	0
A6	P02	04SERVEIS	PAS/ESCALA	7,02	0
A6	P02	04SERVEIS	LAVABOS	3,24	0

EDIFICI	PLANTA	CATEGORIA D'ESPAI	TIPUS D'ESPAI	SUPERFICIE	CAPACITAT
A6	P0E	02DOCENCIA	AULA TEOR.	183,55	140
A6	P0E	02DOCENCIA	AULA TEOR.	183,55	140
A6	P0E	04SERVEIS	PAS/ESCALA	40,11	0
A6	P0E	04SERVEIS	PAS/ESCALA	14,62	0
A6	P0E	04SERVEIS	PAS/ESCALA	39,36	0
A6	P0E	04SERVEIS	LAVABOS	3,42	0
A6	PS1	04SERVEIS	NETEJA	3,52	0
A6	PS1	05INSTAL	I.DIVERSES	61,34	0
A6	PS1	05INSTAL	I.DIVERSES	69,91	0
A6	PS1	05INSTAL	I.DIVERSES	79,31	0
A6	PS1	05INSTAL	I.DIVERSES	116,29	0
A6	PS1	04SERVEIS	VESTIDOR	60,43	0
A6	PS1	05INSTAL	I.DIVERSES	31,61	0
A6	PS1	05INSTAL	I.DIVERSES	28,96	0
A6	PS1	04SERVEIS	PAS/ESCALA	185,62	0
A6	PS1	05INSTAL	I.DIVERSES	19,13	0
A6	PS1	02DOCENCIA	LAB-TALLER	38,89	0
A6	PS1	05INSTAL	VEU-DADES	9,37	0
A6	PS1	05INSTAL	I.DIVERSES	67,92	0
A6	PS1	04SERVEIS	PAS/ESCALA	1,67	0
A6	PS1	04SERVEIS	PAS/ESCALA	7,09	0
A6	PS1	04SERVEIS	PAS/ESCALA	27,79	0
A6	PS1	04SERVEIS	VESTIDOR	4,35	0
A6	PS1	04SERVEIS	LAVABOS	4,79	0
A6	PS1	05INSTAL	I.DIVERSES	29,13	0
A6	PS1	05INSTAL	ELEVADORS	3,6	0
A6	PS1	04SERVEIS	PAS/ESCALA	105,35	0
A6	PS1	04SERVEIS	PAS/ESCALA	18,45	0
A6	PS1	04SERVEIS	PAS/ESCALA	17,22	0
A6	PS1	04SERVEIS	PAS/ESCALA	85,71	0
A6	PS1	05INSTAL	I.DIVERSES	16,14	0
A6	PS1	05INSTAL	I.DIVERSES	16,14	0
A6	PS1	04SERVEIS	LAVABOS	9,98	0
A6	PS1	03SUPORT	ARXIU	15,16	0
A6	PS1	04SERVEIS	LAVABOS	9,98	0
A6	PS1	07E.CONCESS	C.DIVERSES	28,75	0
A6	PS1	07E.CONCESS	C.DIVERSES	29,9	0
A6	PS1	07E.CONCESS	C.DIVERSES	21,4	0
A6	PS1	07E.CONCESS	C.DIVERSES	29,78	0
A6	PS1	07E.CONCESS	C.DIVERSES	9,37	0
TOTALS				3509,17	1104

Taula 6. Superfícies, usos i ocupacions de l'aulari 6.

La Taula 6 mostra que l'aulari 6 té una superfície total de 3509 m<sup>2</sup>, amb una ocupació màxima de 1104 persones. És l'edifici amb més superfície i, en conseqüència, el que disposa de més ocupació de personal.

Tenint en compte el criteri anteriorment comentat, l'aulari 6 presenta 1546 m<sup>2</sup> de zones climatitzades, és a dir, un 44,05% de la seva superfície total.

## **COMENTARIS**

Com es pot comprovar en les taules, els aularis tenen una superfície mitjana d'uns 3000 m<sup>2</sup>, dels quals, aproximadament un 50% estan climatitzats.

L'aulari de major superfície i, en conseqüència, amb major capacitat (ja que aquesta va lligada amb la superfície útil de la construcció) és l'aulari 6, amb 3509 m<sup>2</sup> de superfície i 1104 persones de capacitat màxima. Malgrat aquest fet, és el que presenta la menor relació superfície total / superfície climatitzada, amb tan sols un 44,05% dels espais climatitzats.

L'aulari 3 és el que presenta la menor superfície construïda i per tant, la menor ocupació amb 2834 m<sup>2</sup> i 740 persones respectivament.

Pel que fa a la relació superfície total / superfície climatitzada, l'aulari 5 és el que disposa de més espais climatitzats. De tot l'edifici, un 63,54% dels espais disposen de sistema de climatització.



## 4.2.3 DISTRIBUCIÓ

Per mostrar clarament la distribució d'aules i plantes dels aularis [11], es presenten com a referència els plànols de l'aulari 2. La resta de plànols es poden trobar a l'Annex A: Plànols dels Aularis.

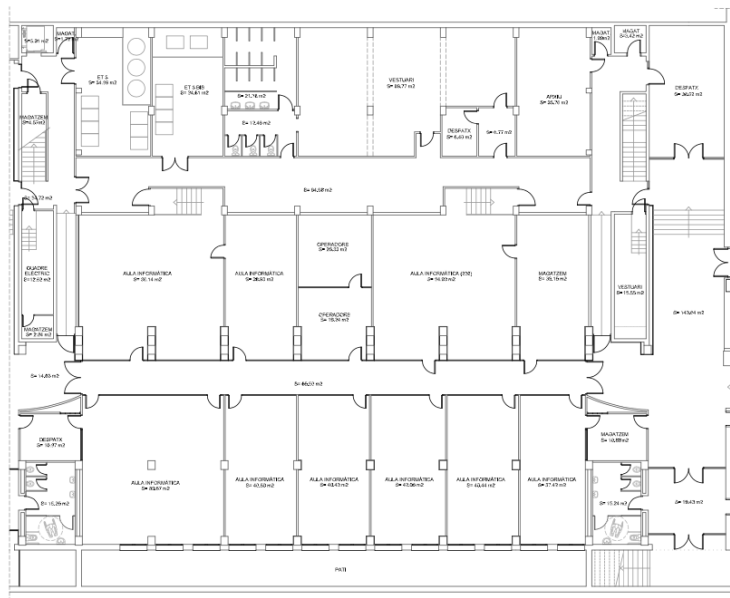


Figura 16. Plànol de la planta soterrani de l'aulari 2.

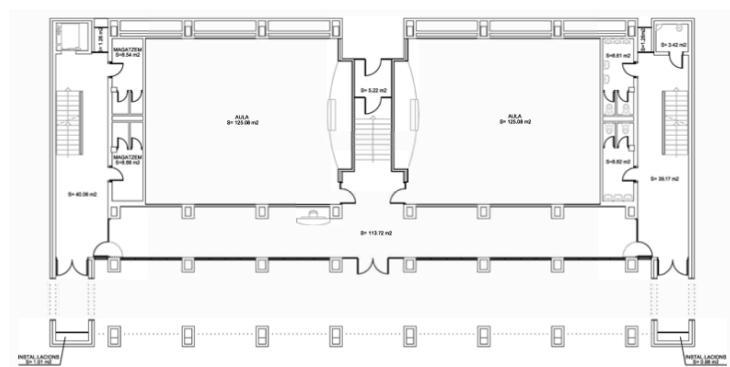


Figura 17. Plànol de la planta baixa de l'aulari 2.

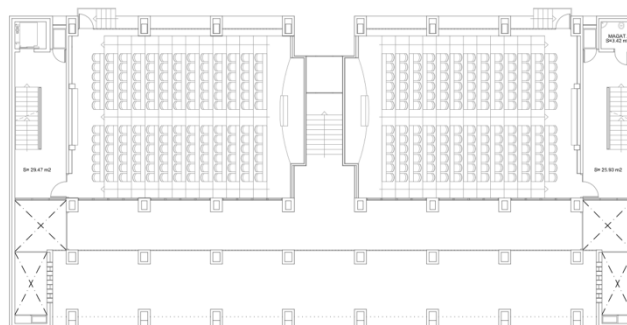


Figura 18. Plànol de la planta entresol de l'aulari 2.

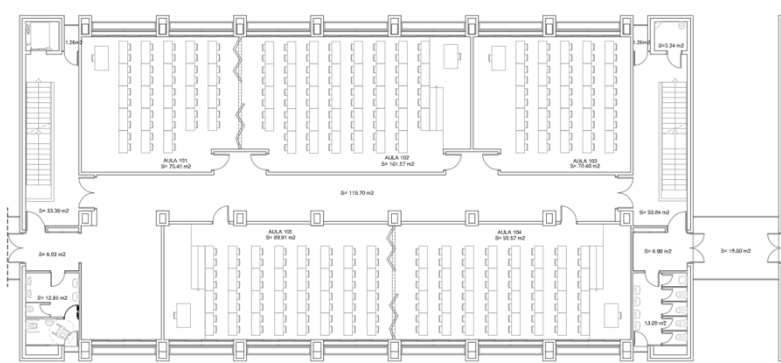


Figura 19. Plànol de la planta primera de l'aulari 2.

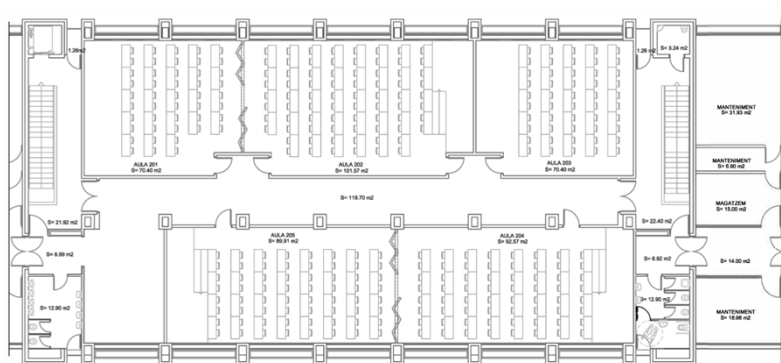


Figura 20. Plànol de la planta segona de l'aulari 2.

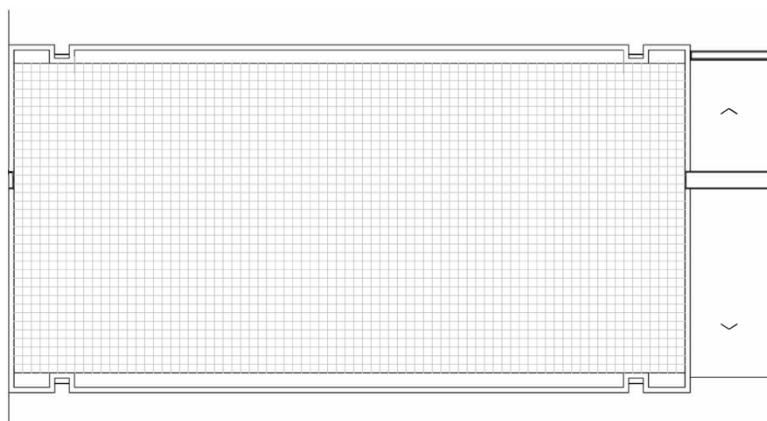


Figura 21. Plànol de la planta coberta de l'aulari 2.

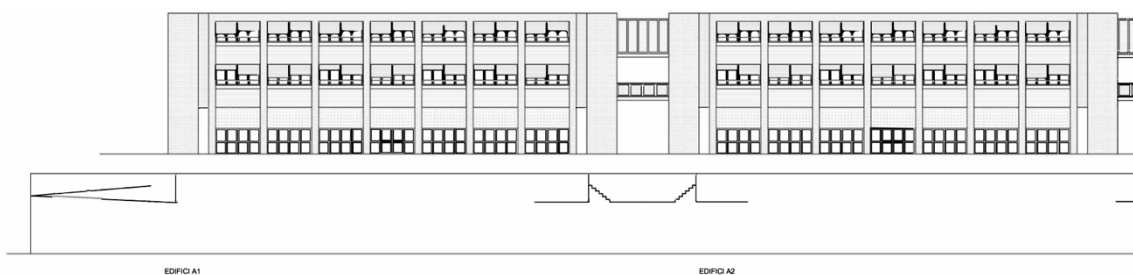


Figura 22. Plànol en alçat dels edificis A1 i A2.

## 5. DADES TÈRMIQUES

### 5.1 CÀLCUL/ESTIMACIÓ DE LES CÀRREGUES TÈRMIQUES DELS EDIFICIS

Per tal de fer el càlcul de les càrregues tèrmiques (paràmetre fonamental per tal de definir/justificar els equips de clima emprats), cal calcular les aportacions provinents de diferents fonts, segons s'indica a la normativa corresponent, en aquest cas l'especificada en el "*Reglamento de Instalaciones Térmicas de la Edificación*" o RITE.

Per al desenvolupament d'aquest càlcul es presenta la següent pauta que té en compte totes les consideracions especificades a la normativa vigent [12].

#### 5.1.1 GENERALITATS

Quan es parla de càrrega tèrmica sobre un edifici, es fa referència al fenomen que tendeix a modificar la temperatura interior de l'aire o el seu contingut en humitat.

En aquest sentit es pot establir una primera classificació de les càrregues tèrmiques segons la seva incidència:

- Càrregues tèrmiques sensibles: aquelles que produiran una variació en la temperatura de l'aire.
- Càrregues tèrmiques latents: aquelles que produiran una variació en la humitat absoluta de l'ambient.

Per altra banda, el coneixement de les càrregues tèrmiques és imprescindible, com a pas previ, per desenvolupar correctament el sistema de climatització d'un edifici, independentment de l'ús que se li vulgui donar (residencial, oficina, local comercial, etc.).

#### 5.1.2 COMPONENTS DE LA CÀRREGA TÈRMICA

Segons la seva procedència es poden distingir dos grans grups de càrregues tèrmiques:

- Càrregues tèrmiques procedents de l'ambient exterior de l'edifici:

- Aportacions a través dels tancaments.
  - Aportacions a través de les superfícies de vidre, finestres i claraboies.
  - Aportacions per ventilació.
  - Aportacions per infiltració.
- Càrregues tèrmiques generades a l'interior de l'edifici:
- Aportacions generades per les persones.
  - Aportacions generades pels equips d'il·luminació.
  - Aportacions generades per equips elèctrics, informàtics, etc.
  - Altres tipus de càrregues generades a l'interior i que depenen de l'ús de l'edifici.

## 5.2 CÀRREGA TÈRMICA SENSIBLE

Per a calcular la càrrega tèrmica sensible s'utilitza la següent expressió:

$$Q_s = Q_{sr} + Q_{str} + Q_{st} + Q_{si} + Q_{sai}$$

On:

- $Q_{sr}$ : És el valor de la càrrega sensible degut a la radiació solar a través de les superfícies cobertes amb vidre [W].
- $Q_{str}$ : És la càrrega sensible per transmissió i radiació a través de parets i sostres exteriors [W].
- $Q_{st}$ : És la càrrega sensible per transmissió a través de parets, sostres, terres i portes interiors [W].
- $Q_{si}$ : És la càrrega sensible transmesa per infiltracions d'aire exterior [W].
- $Q_{sai}$ : És la càrrega sensible deguda a aportacions internes [W].

Per tant doncs, amb l'obtenció de tots els termes que conformen la càrrega sensible, se'n pot obtenir el valor.

### 5.2.1 CÀRREGA PER RADIACIÓ SOLAR A TRAVÉS DEL VIDRE “Q<sub>sr</sub>”

La radiació solar travessa les superfícies translúcides i transparents incidint sobre les superfícies interiors del local. Això provoca que aquestes s'escalfin i facin augmentar la temperatura interior de la sala en qüestió.

La càrrega tèrmica per radiació a través de cristalls i superfícies translúcides “Q<sub>sr</sub>” es calcula segons la següent expressió:

$$Q_{sr} = S \cdot R \cdot F$$

On:

- Q<sub>sr</sub>: És el valor de la càrrega tèrmica per radiació solar a través del cristall [W].
- S: Superfície de cristall o translúcida exposada [m²].
- R: És la radiació solar que travessa la superfície corresponent a l'orientació, mes i latitud del lloc considerat [W/m²].

Per al paràmetre “R” es poden trobar diverses taules que proporcionen la informació necessària segons la ubicació escollida. Per el cas de Barcelona, es mostra en la següent Figura 23 que el seu valor oscil·la sobre els 4,6 W/m².

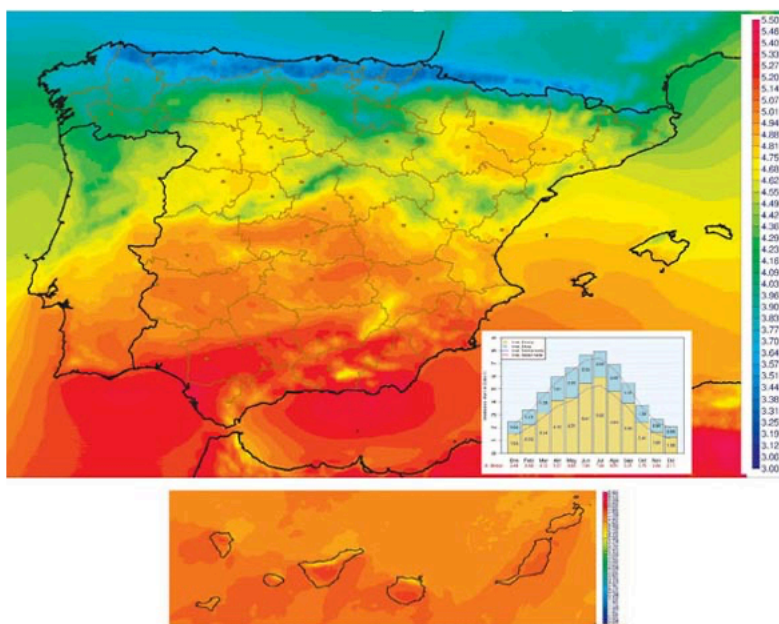


Figura 23. Vista aèria dels Aularis del Campus Nord.

- F: Factor de correcció de la radiació en funció del tipus de vidre utilitzat en la finestra, efectes d'ombra que puguin existir, etc. Aquest valor es pot obtenir a partir d'un seguit de càlculs i taules inclosos en el document CTE-DB HE d'estalvi d'energia [13].

## 5.2.2 CÀRREGA PER TRANSMISSIÓ I RADIACIÓ A TRAVÉS DE PARET I SOSTRES EXTERIORS “Q<sub>STR</sub>”

Les càrregues per transmissió i radiació que es transmeten a través de parets i sostres que limiten amb l'exterior es calcula segons la següent expressió:

$$Q_{str} = K \cdot S \cdot (T_{ec} - T_i)$$

On:

- Q<sub>str</sub>: És la càrrega per transmissió a través de parets i sostres exteriors [W].
- K: És el coeficient global de transmissió tèrmica del tancament, també anomenat transmitància tèrmica [W/m<sup>2</sup>°C].
- S: És la superfície de mur exposat a la diferència de temperatures [m<sup>2</sup>].
- T<sub>i</sub>: És la temperatura interior de l'edifici [°C].
- T<sub>ec</sub>: És la temperatura exterior de càlcul a l'altre costat de local [°C].

Per al càlcul de transmissió tèrmica s'adjunta a la bibliografia una referència d'on es poden obtenir els diferents paràmetres segons el tipus de sistemes de tancament o de materials utilitzats [14].

Per a les temperatures de disseny es poden prendre els valors de consigna oferts per part de l'equip de manteniment dels aularis:

- Temperatura interior a l'estiu: 25°C amb un 45-60% d'humitat relativa.
- Temperatura interior a l'hivern: 21°C amb un 40-50% d'humitat relativa.

Per a la temperatura exterior de càlcul ( $T_{ec}$ ) es parteix d'una denominada temperatura exterior de disseny ( $T_e$ ).

La temperatura exterior de disseny ( $T_e$ ) es calcula tenint en compte la temperatura mitjana del mes més càlid de l'any ( $T_{me}$ ) i la temperatura màxima del mes més càlid ( $T_{max}$ ) del lloc d'estudi, partint de la següent expressió:

$$T_e = 0,4 \cdot T_{me} + 0,6 \cdot T_{max}$$

Finalment, un cop obtingut aquest valor ( $T_e$ ), es calcularà ( $T_{ec}$ ) a partir de l'orientació que tingui el tancament considerat, partint de la següent Taula 7.

Orientación	Temperatura exterior de cálculo ( $T_{ec}$ ) en °C
Norte	$0,6 \cdot T_e$
Sur	$T_e$
Este	$0,8 \cdot T_e$
Oeste	$0,9 \cdot T_e$
Cubierta	$T_e + 12$
Suelo	$(T_e + 15)/2$
Paredes interiores	$T_e \cdot 0,75$

Taula 7. Temperatura exterior de càlcul ( $T_{ec}$ ).

### 5.2.3 CÀRREGA PER TRANSMISSIÓ A TRAVÉS DE PARETS, SOSTRES, TERRES I PORTES INTERIORS “ $Q_{st}$ ”.

La càrrega per transmissió a través de tancament interiors del local que limiten amb altres estances de l'edifici “ $Q_{st}$ ” es calcula aplicant la següent expressió:

$$Q_{st} = K \cdot S (T_e - T_i)$$

On:

- $Q_{st}$ : És la càrrega per transmissió a través de tancaments interiors [W].
- $K$ : És el coeficient global de transmissió tèrmica del tancament, també anomenat transmitància tèrmica [ $W/m^2\text{°C}$ ].
- $S$ : És la superfície del tancament interior [ $m^2$ ].
- $T_e$ : És la temperatura de disseny a l'altre costat del tancament [ $^{\circ}\text{C}$ ].
- $T_i$ : És la temperatura interior de disseny del local [ $^{\circ}\text{C}$ ].

Per al càlcul de transmitància tèrmica s'adjunta a la bibliografia una referència d'on es poden obtenir els diferents paràmetres segons el tipus de sistemes de tancament o de materials utilitzats [14].

Per als valors de temperatura es poden utilitzar els valors establerts en el punt anterior i a la Taula 7 presentada en el punt anterior.

### 5.2.4 CÀRREGA TRANSMESA PER INFILTRACIONS D'AIRE EXTERIOR “ $Q_{si}$ ”

La càrrega transmesa per infiltracions i ventilació d'aire exterior “ $Q_{si}$ ” es determina mitjançant la següent expressió:

$$Q_{si} = V \cdot \rho \cdot C_{e,aire} \cdot \Delta T$$



On:

- $Q_{si}$ : És la càrrega tèrmica per infiltració i ventilació d'aire exterior [W].
- $V$ : És el cabal d'aire infiltrat i de ventilació [ $m^3/s$ ].
- $\rho$ : És la densitat de l'aire [ $1,18 \text{ kg}/m^3$ ].
- $\Delta T$ : És la diferència de temperatures entre l'ambient interior i l'exterior.

### 5.2.5 CÀRREGA SENSIBLE PER APORTACIONS INTERNES “ $Q_{sai}$ ”

El guany de càrrega sensible degut a les aportacions internes del local “ $Q_{sai}$ ” es determina com a la suma de càrregues que s'hi generen a l'interior.

$$Q_{sai} = Q_{sil} + Q_{sp} + Q_{se}$$

On:

- $Q_{sil}$ : És el guany intern de càrrega sensible degut a la il·luminació [W].
- $Q_{sp}$ : És el guany intern de càrrega sensible degut als ocupants del local [W].
- $Q_{se}$ : És el guany intern de càrrega sensible degut als diversos aparells existents al local: ordinadors, aparells electrònics, etc. [W].

### 5.2.6 CÀRREGA SENSIBLE PER IL·LUMINACIÓ “ $Q_{sil}$ ”

Per al càlcul de la càrrega tèrmica sensible aportada per la il·luminació interior de l'establiment es considerarà que la potència íntegra de les làmpades d'il·luminació es transformarà en calor sensible.

En cas que les làmpades siguin de descàrrega o de tipus fluorescent es multiplicarà la potència total de totes per 1,25 per considerar el consum complet de les reactàncies.

- **Làmpades incandescents**

$$Q_{sil,incandescent} = n \cdot Pot_{làmp,incandescent}$$

On “n” és el número de làmpades de tipus incandescent instal·lades.

- **Làmpades de descàrrega o fluorescents**

$$Q_{sil,descàrrega} = 1,25 \cdot n \cdot Pot_{làmp,descàrrega}$$

On “n” és el número de làmpades de tipus fluorescent o descàrrega instal·lades.

Per tant doncs, el guany total de càrrega sensible causat per la il·luminació serà:

$$Q_{sil} = Q_{sil,incandescent} + Q_{sil,descàrrega}$$

## 5.2.7 CÀRREGA SENSIBLE PER OCUPANTS “Q<sub>SP</sub>”

Per calcular la càrrega sensible que aporta cada persona “Q<sub>sp</sub>”, és necessari conèixer prèviament les diferents càrregues tèrmiques que origina:

- Radiació: Deguda a que la temperatura mitjana del cos és superior a la dels objectes que el rodegen.
- Convecció: Deguda a que la superfície de la pell es troba a una temperatura superior que l'aire que l'envolta, creant-se així petits corrents d'aire de convecció que aporten calor a l'aire.
- Conducció: Originada a partir del contacte del cos amb altes elements que el rodegen.
- Respiració: L'aire exhalat que surt de l'interior del cos genera una aportació de calor a l'ambient. En aquest punt també es produeix un augment de vapor d'aigua que farà augmentar la humitat relativa.
- Evaporació cutània: Aquesta aportació de calor pot ser rellevant a l'estiu.

La càrrega per ocupació té, per tant, una component sensible i una altra latent (aquesta última generada per la respiració i la transpiració). En els dos casos s'haurà de tenir en compte

l'ocupació de l'estància. Prèviament, a les taules 1 a 5, s'ha mostrat l'ocupació de cada una de les aules i sales dels aularis.

A més a més, la següent Taula 8 mostra els valors de calor latent i sensible [kcal/h] generats per persona segons l'activitat que estiguin fent i la temperatura del local.

ACTIVIDAD REALIZADA	28 °C		27 °C		26 °C		24 °C	
	Sensible	Latente	Sensible	Latente	Sensible	Latente	Sensible	Latente
Sentado en reposo. Escuela.	45	45	50	40	55	35	60	30
Sentado trabajo ligero. Instituto.	45	55	50	50	55	45	60	40
Oficinista, actividad ligera.	45	70	50	65	55	60	60	50
Persona de pie. Tienda.	45	70	50	75	55	70	65	60
Persona que pasea. Banco.	45	80	50	75	55	70	65	60
Trabajo sedentario.	50	90	55	85	60	80	70	70
Trabajo ligero taller.	50	140	55	135	60	130	75	115
Persona que camina.	55	160	60	155	70	145	85	130
Persona que baila.	70	185	75	175	85	170	95	155
Persona en trabajo penoso.	115	250	120	250	125	245	130	230

Taula 8. Calor sensible i calor latent generada per persona.

L'expressió per obtenir el calor sensible aportat per l'ocupació del local seria la següent:

$$Q_{sp} = n \cdot C_{sensible, persona}$$

On:

- $n$ : És el número de persones que ocupen el local.
- $C_{sensible, persona}$ : És la calor sensible per persona i activitat que realitzen segons la Taula 8.
- Càrrega sensible per aparells elèctrics " $Q_{se}$ ".

Per al càlcul de la càrrega tèrmica aportada per la maquinària, equips i altres electrodomèstics presents a l'espai climatitzat del local, es considerarà que la potència íntegra de funcionament de les màquines i equips presents en el recinte es transformà íntegrament en calor sensible.

Per altra banda, tots els equips i electrodomèstics es considera que no funcionen tots al mateix moment, motiu pel qual s'aplicarà un factor de simultaneïtat (FS) de 0,75 a la suma obtinguda per les potències.

## 5.2.8 CÀRREGA TÈRMICA SENSIBLE TOTAL “Q<sub>s</sub>”

La càrrega tèrmica sensible total serà la suma de totes les anteriors:

$$Q_s = Q_{sr} + Q_{str} + Q_{st} + Q_{si} + Q_{sai}$$

## 5.3 CÀRREGA TÈRMICA LATENT

### 5.3.1 EXPRESSIÓ GENERAL

Per al càlcul de la càrrega tèrmica latent “Q<sub>l</sub>” s'utilitza la següent expressió:

$$Q_l = Q_{li} + Q_{lp}$$

On:

- Q<sub>li</sub>: És la càrrega latent transmesa per infiltracions d'aire exterior [W].
- Q<sub>lp</sub>: És la càrrega latent deguda a l'ocupació del local [W].

Per tant, el càlcul de la càrrega latent és base en calcular cada una de les diferents càrregues anteriors i sumar-les, obtenint-se així el valor de la càrrega latent total. Aquest procés es mostra en els següents apartats.

### 5.3.2 CÀRREGA LATENT TRANSMESA PER INFILTRACIONS D'AIRE EXTERIOR “Q<sub>li</sub>”

La càrrega latent transmesa per infiltracions d'aire exterior “Q<sub>li</sub>” es determina mitjançant la següent expressió:

$$Q_{li} = V \cdot \rho \cdot C_{l,aigua} \cdot \Delta W$$

On:

- Q<sub>li</sub>: És la càrrega tèrmica latent per ventilació d'aire exterior [W].
- V: És el cabal d'aire infiltrat i ventilació [m<sup>3</sup>/s].

- $\rho$ : És la densitat de l'aire [1,18 kg/m<sup>3</sup>].
- $C_{l,aigua}$ : És el calor específic de l'aigua [2257 kJ/kg].
- $\Delta W$ : És la diferència d'humitat absoluta entre l'ambient exterior i interior.

### 5.3.3 CÀRREGA LATENT PER OCUPACIÓ

La càrrega latent per ocupació del local " $Q_{lp}$ " es determina multiplicant el calor latent en funció de l'activitat i la temperatura ambient (Taula 8).

L'expressió utilitzada per obtenir el calor latent aportat per l'ocupació del local seria la següent:

$$Q_{lp} = n + C_{latent, persona}$$

On:

- $n$ : És el número de persones que ocupen el local.
- $C_{latent, persona}$ : És el calor latent per persona i activitat que realitza (Taula 8).

### 5.3.4 CÀRREGA TÈRMICA LATENT TOTAL " $Q_L$ "

La càrrega latent total ( $Q_L$ ) aportada al local és la suma de totes les anteriors.

$$Q_L = Q_{li} + Q_{lp}$$

## 5.4 EQUIPS DE GENERACIÓ

En aquest punt es pretén presentar com es està distribuïda la generació de calor i fred en cada un dels aularis.

A continuació es presenta un esquema (Figura 24) que mostra el funcionament de la climatització en els aularis del Campus Nord

## UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

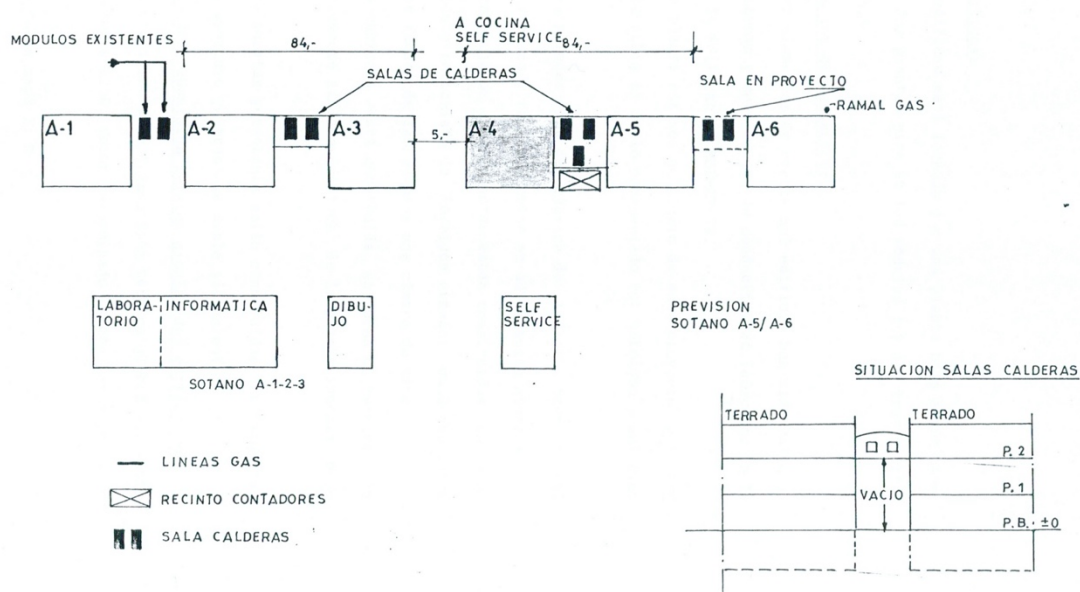


Figura 24. Esquema de funcionament de la climatització als aularis del Campus Nord [11].

Al projecte de climatització dels aularis hi trobem l'esquema de funcionament mostrat en la Figura 24 mostra com funciona la climatització dels edificis.

Els aularis 1 i 2 compten amb dues calderes de gas YGNIS de 290 kW cada una que cobreixen la demanda calorífica dels dos edificis. Independentment a aquestes, els soterranis dels mateixos aularis estan coberts per una tercera caldera de gas YGNIS però de menor potència, 267 kW.

Seguidament, l'edifici A3 disposa de la seva pròpia caldera, una YGNIS de 267 kW de potència per satisfer la demanda calorífica. Per altra banda, disposa d'una planta refredadora que subministra a la Sala Polivalent i a la Sala Màster del propi edifici.

L'aulari 4, l'aulari 5 i l'aulari 6 disposen d'una caldera YGNIS de 267 kW. A més a més, l'aulari 5 disposa d'una planta refredadora per climatitzar les aules informàtiques i el soterrani.

Aquestes unitats estan controlades per un sistema centralitzat que funciona segons la programació establerta i actua dins del rang de temperatures establert pel RITE segons l'època de l'any:

- Estiu: Temperatura de confort 26°C.
- Hivern: Temperatura de confort 21°C.

Algunes de les aules del edificis disposen d'aparells puntuals de climatització, equips unitat exterior/interior que ajuden a climatitzar una zona en concret. S'utilitzen únicament per a refredar, perquè la part d'escalfar la porten el terme els radiadors alimentats per la caldera.

No hi ha cap control sobre aquests elements que afecti a la seva encesa o apagat, és manual. Cada usuari controla el seu ús i en regula la seva temperatura segons les seves necessitats de confort. Aquest fet produeix que s'obtinguin consums més elevats que en sistemes centralitzats, on es fixen les hores de funcionament i els rangs de treball (especificats anteriorment). Aquests sistemes funcionen amb els següents elements:

- Unitat exterior: Instal·lades, normalment, a la coberta de l'edifici.
- Unitat interior: Distribuïdes a les zones a climatitzar.

El servei de manteniment del Campus Nord té el registre de totes les màquines instal·lades als aularis.

En la següent Taula 9 adjunta a continuació es poden observar els diferents equips de clima i la seva ubicació en els aularis, a banda d'altra informació tècnica com el model, el n° de sèrie, el tipus de refrigerant i la seva càrrega de gas.

Equip	Marca	Model	Nº serie	Refrigerant	Ubicació	Zona	Edifici
Split	General	AOG-9AA	1011743	R22 1kg	2ª Planta	A1/A2	A1/A2
Split	Mitsubishi	PUHZ-P140VHA3	9L00989	R-410 4,5kg	Laboratori física	A1	A1
Split	Mitsubishi	PUHZ-P140VHA3	9L00990	R-410 4,5kg	Laboratori física	A1	A1
Split	Mitsubishi	PUHZ-P140VHA3	9L01109	R-410 4,5kg	Laboratori física	A1	A1
Split	Mitsubishi Electric (1A)	SUZ-KA71VA	92P01458	R-410A 2 kg	Soterrani	S110	A2
Split	Mitsubishi Electric (1B)	SUZ-KA71VA	92P01482	R-410A 2 kg	Soterrani	S110	A2
Split	Mitsubishi Electric (2)	PU-P6YGAA	36001085	R-407C 4.5 kg	Soterrani	S101	A2
Split	Mitsubishi Electric (3)	PU-P3YGAA	4F001210	R-407C 3.3 kg	Soterrani	S109	A2
Split	Roca (4)	SENSE PLACA			Soterrani	S102	A2
Split	Mitsubishi Electric (5)	PU-P3YGAA	4F001220	R-407C 3.3 kg	Soterrani	S108	A2
Split	Mitsubishi Electric (6)	PU-P6YGAA	3K001482	R-407C 4.9 kg	Soterrani	S104	A2
Split	Mitsubishi Electric (7)	PUH-P71YHA	8A00043	R-410A 3.6 kg	Soterrani	S103	A2
Split	Mitsubishi Electric (8)	SUZ-KA50VA	72P17742	R-410A 1.6 kg	Soterrani	S103	A2
Split	Mitsubishi Electric (9)	PUHZ-RP50VHA3	72V00379	R-410A 2.5 kg	Soterrani	S107	A2
Split	Daikin (10)	RXYSQ6P7V3B1	1702653	R-410A 4 kg	Soterrani	Dispensari	A3
Split	Mitsubishi Electric (11)	PU-P3YGAA	4F001208	R-407C 3.3 kg	Soterrani	S106	A2
Split	Mitsubishi Electric (12)	PUHZ-RP2VHA	4XV00774	R-410A 2.5 kg	Soterrani	S101	A3
Split	Mitsubishi Electric (13)	PU-P125YHA	6J00464	R-410A 5 kg	Soterrani	S104B	A2
Split	Mitsubishi Electric (14)	PU-P5YGAA	3K001229	R-407C 4.6 kg	Soterrani	S101A	A3
Split	Mitsubishi Electric (15)	PUHZ-RP50VHA3	71V00149	R-410A 2.5 kg	Soterrani	S105	A2
Split	Fujitsu (16)	AOY9ANA	4000461	R-22 0.69kg	Soterrani	Sala servidors	A3
Split	Mitsubishi Electric (17)	MUH-18NV	8009947	R-22 1.8kg	Soterrani	Sala servidors	A3
Split	Daikin (18)	ARY22A7V1NB	2005239	R-22 0.68kg			
Split	Mitsubishi Electric	MUZ-GA50VA	5004457	R-410A 1.8kg	Soterrani	Serveis generals campus	A3
Split	Daikin Europe NV	RZQ200B7W1B	1500627	R-410A 8kg	Coberta	Edifici	A4
Split	Daikin Europe NV	RZQ200B7W1B	1500597	R-410A 8kg	Coberta	Edifici	A4
Split	Daikin Europe NV	RZQ200B7W1B	1500598	R-410A 8kg	Coberta	Edifici	A4
Split	Daikin Europe NV	RY71B7V1	1103120	R-22 2kg	Control Accessos	Control Accessos	A4
Split	Hitachi	RAS-5HQB5	U4BL5120	R-22 6.3 kg	Soterrani	S101/S102/S103	A4
Split	Roca	CON 70/21/3	663900711	R-22	Vestuari dones	Edifici A5	A5/A6
Split	Mitsubishi Heavy	SCM565HENFL	845000437	R-22 1,7 kg (2X1)	Garaje Mto	Taller	A6
Split	General	AOH14USAC	E006785	R-410A 1,1kg	Garaje Mto	Taller	A6
Split	Mitsubishi Electric	MUH-A09YV	4036321	R-410A 1 kg	Garaje Mto	Taller	A6

Taula 9. Característiques tècniques de les unitats de climatització dels aularis del Campus Nord [11].



Com es pot comprovar, hi ha un total de 33 equips individuals de clima. Es tracte d'equips senzills, de poca potència frigorífica, que tenen la finalitat de climatitzar espais puntuals que requereixen de refrigeració.

## 6. CONSUMS

Els diferents consums energètics s'han obtingut a través de la recopilació de dades que proporciona el programa SIRENA [15], creat per la UPC l'any 2010.

Aquest programa és un sistema propi d'informació de recursos energètics a disposició de la UPC el qual permet, mitjançant diferents seguidors de consum (electricitat, gas, aigua, etc.), prendre dades a temps real sobre el consums que s'estan produint. A més a més, ens informa de la temperatura diària.

Per altra banda, el sistema presenta unes limitacions que val la pena comentar per entendre quin tipus de consums es presenten a continuació.

- Consum elèctric total de l'edifici: El SIRENA permet obtenir el consum elèctric total dels edificis desitjats. Aquesta dada és molt útil a l'hora de poder fer un estimació del consum en relació a l'edifici estudiat, però a la vegada, és una dada molt genèrica que no permet un anàlisi més detallat.

Al tractar-se d'un consum total, resulta impossible poder discernir la quantitat d'energia utilitzada pels equips de generació i fred, per il·luminació, per equipament electrònic, etc.

- Consum de gas total de l'edifici: El SIRENA presenta problemes a l'hora d'obtenir el consum de gas de determinats edificis. Pel cas dels aularis, el sistema no es troba correctament implantat i no se'n poden obtenir les lectures adients.

Les dades que es presentaran de consum corresponen als anys 2012 – 2019 i han sigut facilitades pel propi servei d'infraestructures de la Universitat Politècnica de Catalunya.

La Figura 25 mostrada a continuació presenta la interfície principal que apareix només entrar al SIRENA.

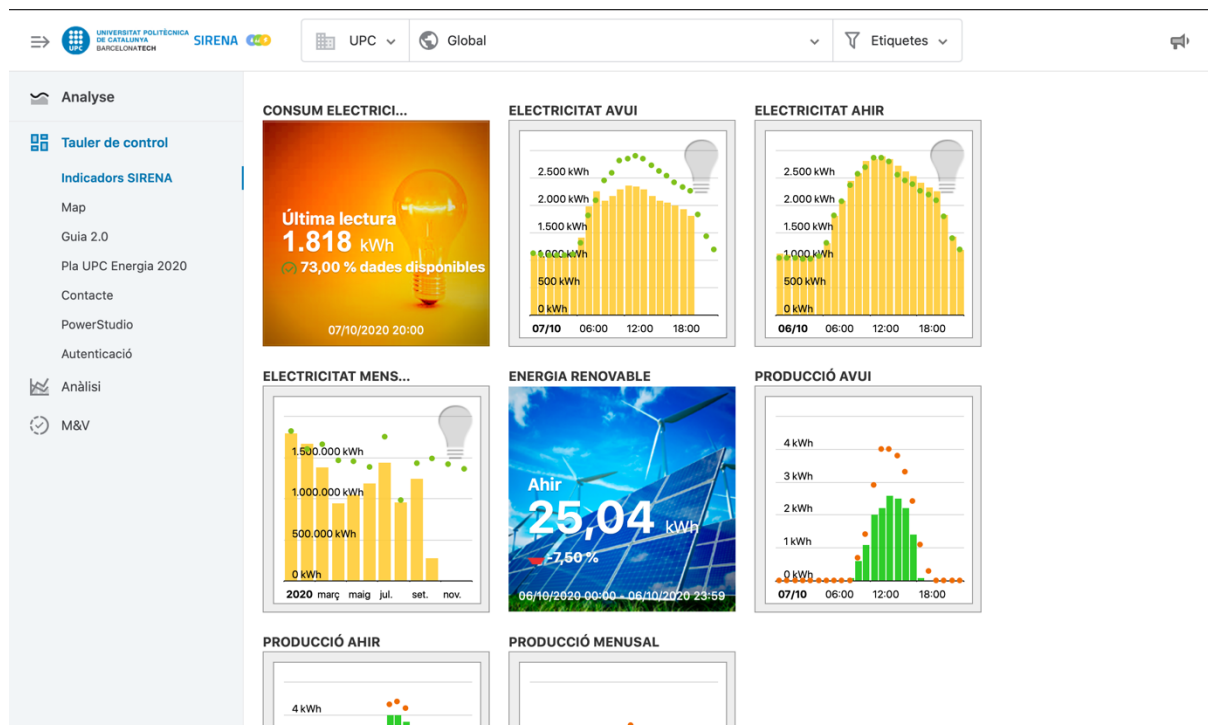


Figura 25. Pàgina principal del programa SIRENA de la UPC.

Tal i com s'ha comentat anteriorment, no tots els edificis de la UPC disposen d'una lectura i el registre de les seves dades de consum. En el cas dels aularis, només es disposa de les dades de consum elèctric. A continuació es presenten les dades referents a electricitat i les referents a gas.

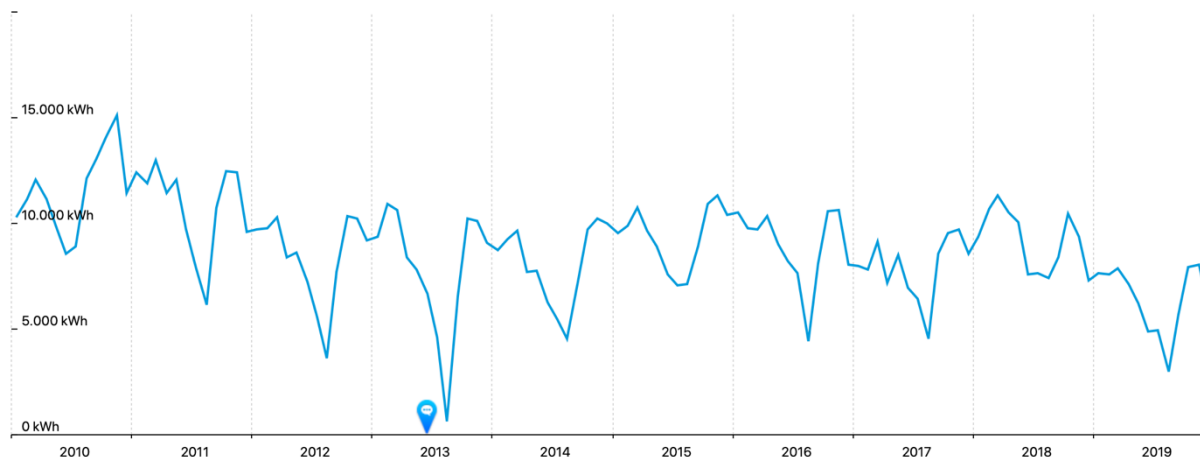
## 6.1 CONSUM ELÈCTRIC

Es presenta el consum elèctric per a cada un dels aularis, per separat, per poder-ne tenir el consum més real possible.

Es presentaran les dades de consum de l'any 2010 fins al 2019. La intenció és poder-les analitzar per poder-ne acabar extraient una conclusió. També es presenta una taula comparativa de les dades de la primera meitat de dècada (2010 – 2014) amb les de la segona meitat (2015 – 2019) per poder-ne veure la tendència al llarg dels anys.

## AULARI 1

Es presenta el gràfic on es veu l'evolució del consum elèctric del l'aulari 1.



Gràfic 8. Evolució del consum elèctric del aulari A1 en la dècada del 2010 – 2019 [15].

També es mostra una taula comparativa amb els valors de la segona meitat de dècada (2015 – 2019) amb els de la primera meitat (2010 – 2014).

Dispositius/Grups	Comparar amb Període anterior (01/01/2010 - 31/12/2014) ▾				
	Total	Mitjana	Mediana	Màxim	Mínim
CN A1 elec (A1 i A2 )	500.915,51 kWh -10,6 %	8.348,59 kWh -10,6 %	8.295,20 kWh -14,7 %	11.325,13 kWh -25,2 %	3.011,85 kWh + 360,8 %

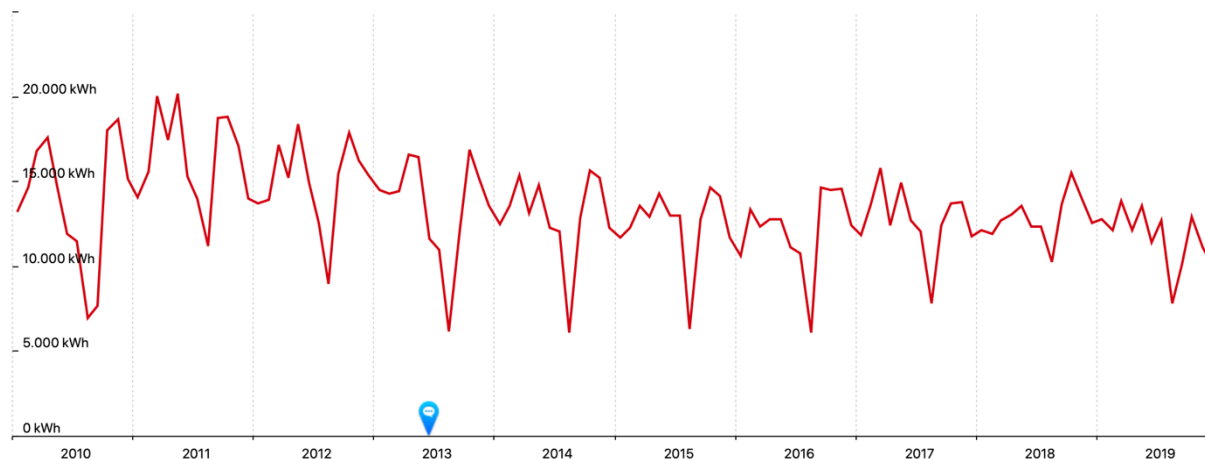
Taula 10. Comparació del consum elèctric de l'aulari 1 en la primera meitat de dècada amb la segona [15].

Com es pot comprovar, tan el gràfic com en la taula comparativa, el consum s'ha vist considerablement reduït a mesura que han anat passant els anys. S'observa que durant el període corresponent a l'estiu el consum cau dràsticament, mentre que a mesura que entren les estacions més fredes, acompanyades de la tornada del curs acadèmic, el consum es dispara (principalment a causa de l'ús dels sistemes de calefacció).

Observant la Taula 10, es veu com la mitjana de consum elèctric del segon període és un 10,6% inferior al del primer període. És una informació genèrica, però ens informa sobre la favorable progressió que es fa per reduir el consum total.

## A2

Es presenta el gràfic de barres on es veu l'evolució del consum elèctric dels aularis A1.



Gràfic 9. . Evolució del consum elèctric de l'aulari 2 en la dècada del 2010 – 2019 [15].

També es mostra una taula comparativa amb els valors de la segona meitat de dècada (2015 – 2019) amb els de la primera meitat (2010 – 2014).

Dispositius/Grups	Comparar amb Període anterior (01/01/2010 - 31/12/2014) ▾				
	Total	Mitjana	Mediana	Màxim	Mínim
CN A2 elec (A1 i A2 )	744.576,59 kWh -13,7 %	12.409,61 kWh -13,7 %	12.702,69 kWh -13,4 %	15.816,18 kWh -21,6 %	6.116,97 kWh + 0,1 %

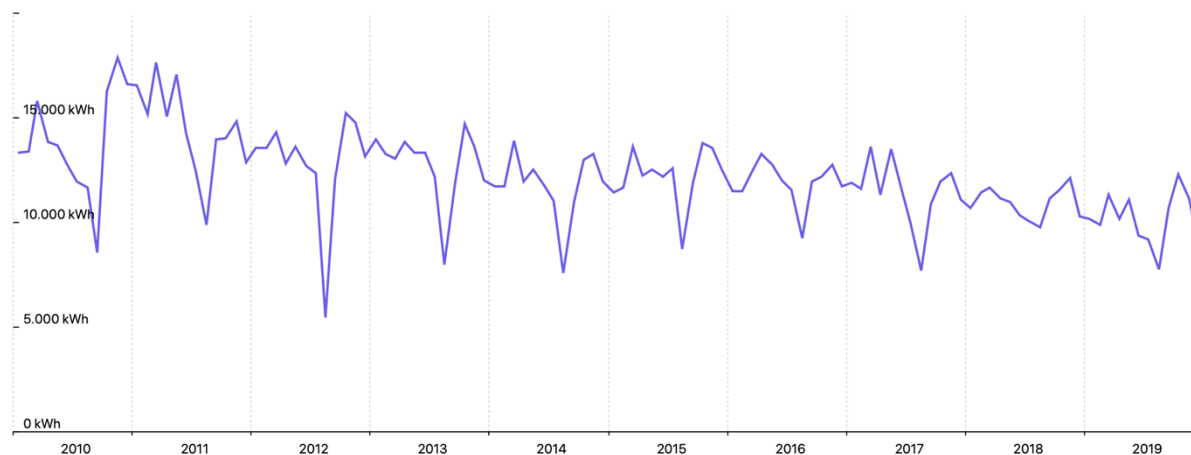
Taula 11. Comparació del consum elèctric de l'aulari 2 en la primera meitat de dècada amb la segona [15].

Com en el cas de l'aulari 1, el consum s'ha vist considerablement reduït a mesura que han anat passant els anys. S'observa que durant el període corresponent a l'estiu el consum cau dràsticament, mentre que a mesura que entren les estacions més fredes, acompanyades de la tornada del curs acadèmic, el consum es dispara (principalment a causa de l'ús dels sistemes de calefacció).

Observant la Taula 11, es veu com la mitjana de consum elèctric del segon període és un 13,7% inferior al del primer període, seguint la tendència de l'aulari 1.

## A3

Es presenta el gràfic de barres on es veu l'evolució del consum elèctric dels aularis A3.



Gràfic 10. Evolució del consum elèctric de l'aulari 3 en la dècada del 2010 - 2019 [15].

També es mostra una taula comparativa amb els valors de la segona meitat de dècada (2015 – 2019) amb els de la primera meitat (2010 – 2014).

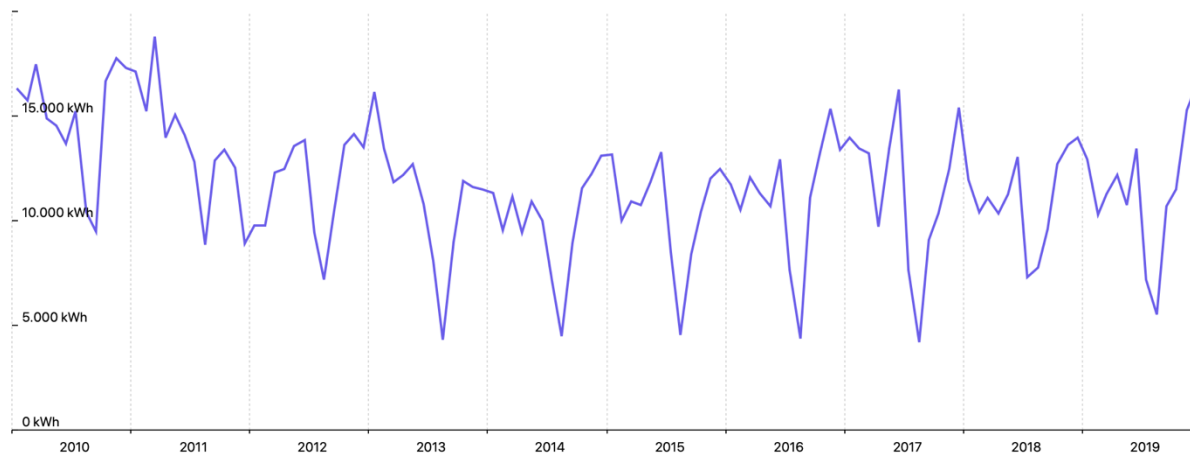
Dispositius/Grups	Comparar amb Període anterior (01/01/2010 - 31/12/2014) ▾				
	Total	Mitjana	Mediana	Màxim	Mínim
CN A3 elec (A3)	680.827,46 kWh -13,6 %	11.347,12 kWh -13,6 %	11.520,48 kWh -13,4 %	13.768,06 kWh -23,1 %	7.719,31 kWh + 41,4 %

Taula 12. Comparació del consum elèctric de l'aulari 3 en la primera meitat de dècada amb la segona [15].

Observant la tendència del Gràfic 10 i de la Taula 12, es pot comprovar un comportament molt semblant al dels aularis anteriors. És destacable que el consum mig total de l'aulari 3 és lleugerament menor comparat amb l'A1 i l'A2.

## A4

Es presenta el gràfic de barres on es veu l'evolució del consum elèctric dels aularis A4.



Gràfic 11. Evolució del consum elèctric de l'aulari 4 en la dècada del 2010 - 2019 [15].

També es mostra una taula comparativa amb els valors de la segona meitat de dècada (2015 – 2019) amb els de la primera meitat (2010 – 2014).

Dispositius/Grups	Comparar amb Període anterior (01/01/2010 - 31/12/2014) ▾				
	Total	Mitjana	Mediana	Màxim	Mínim
CN A4 elec (A4)	670.269,74 kWh -9,0 %	11.171,16 kWh -9,0 %	11.306,16 kWh -8,9 %	16.434,61 kWh -12,6 %	4.181,92 kWh -2,4 %

Taula 13. Comparació del consum elèctric de l'aulari 4 en la primera meitat de dècada amb la segona [15].

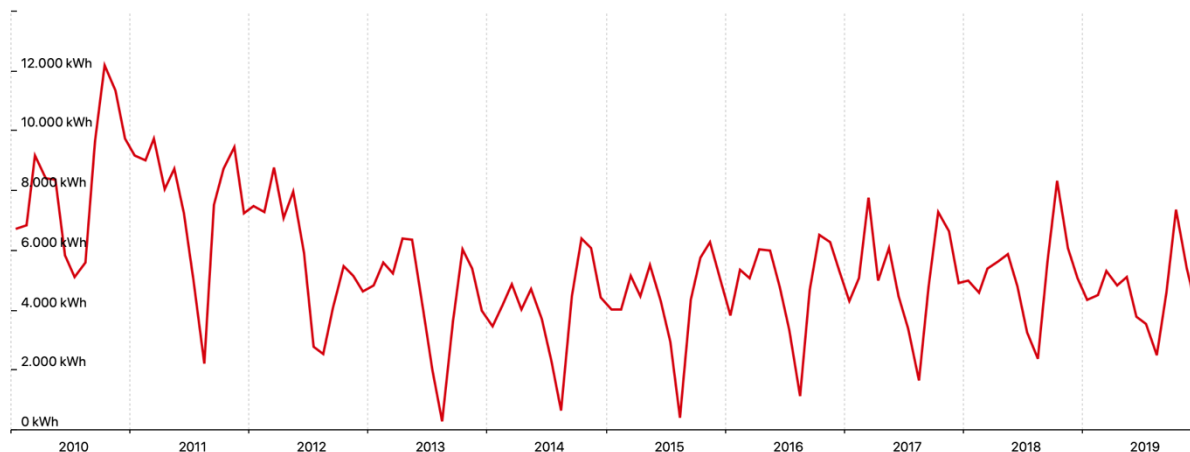
En el cas de l'aulari 4, el consum elèctric del 2017 – 2019 sembla mostrar una remuntada que trenca amb la tendència a la baixa que es seguia en els anys anteriors. Els pics a les èpoques caloroses superen els registres màxims dels anys 2013 a 2016. Finalment, si s'observa l'última lectura disponible a desembre de 2019, es veu que el pic de consum és el més alt des del gener de 2011.

En qualsevol cas, els valors mitjans són un 9% inferiors en la segona meitat de dècada en comparació a la primera part.



## A5

Es presenta el gràfic de barres on es veu l'evolució del consum elèctric dels aularis A5.



Gràfic 12. Evolució del consum elèctric de l'aulari 5 en la dècada del 2010 - 2019 [15].

També es mostra una taula comparativa amb els valors de la segona meitat de dècada (2015 – 2019) amb els de la primera meitat (2010 – 2014).

Dispositius/Grups	Comparar amb Període anterior (01/01/2010 - 31/12/2014) ▾				
	Total	Mitjana	Mediana	Màxim	Mínim
CN A5 elec (A5 i A6)	289.278,38 kWh -20,3 %	4.821,31 kWh -20,3 %	4.939,05 kWh -16,0 %	8.333,92 kWh -31,7 %	409,46 kWh + 40,3 %

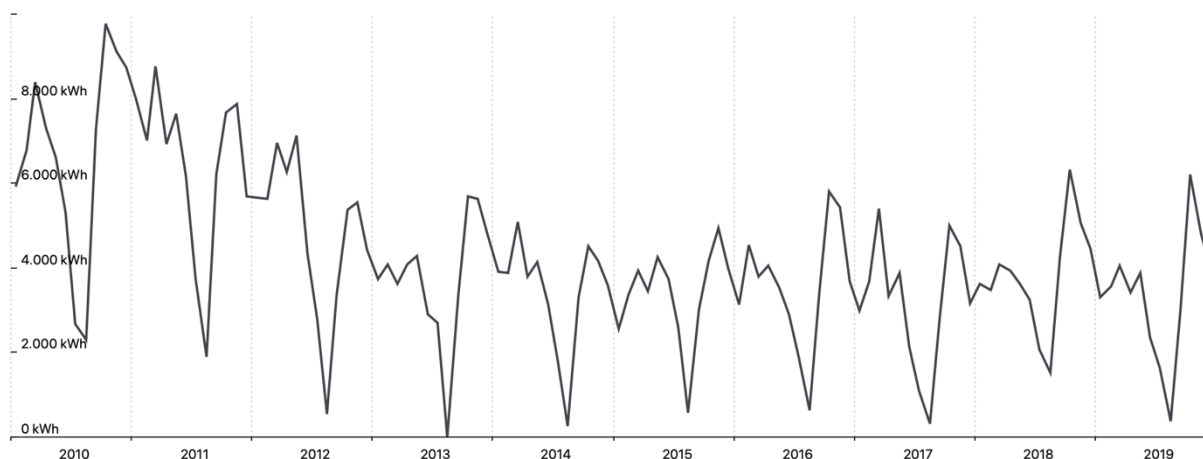
Taula 14. Comparació del consum elèctric de l'aulari 5 en la primera meitat de dècada amb la segona [15].

Cas semblant a l'aulari 4, la tendència clarament mostra una disminució del consum elèctric (així ho indica la taula comparativa, amb una disminució del 20,3% en el consum mig en la segona meitat de dècada). Si s'observa la tendència del 2017 – 2019, sembla que el consum augmenti lleugerament en les èpoques de més demanda. Farà falta veure si això és un comportament temporal o si realment, ens els pròxims anys, el consum recuperarà valors de 2011 – 2012 (encara que, observant l'evolució del consum dels altres aularis, fa que resulti difícil tornar en la situació de principi de dècada).

Clarament, el consum mitjà elèctric consumit és menor en comparació a la resta d'aularis.

## A6

Es presenta el gràfic de barres on es veu l'evolució del consum elèctric dels aularis A6.



Gràfic 13. Evolució del consum elèctric de l'aulari 6 en la dècada del 2010 - 2019 [15].

També es mostra una taula comparativa amb els valors de la segona meitat de dècada (2015 – 2019) amb els de la primera meitat (2010 – 2014).

Dispositius/Grups	Comparar amb Període anterior (01/01/2010 - 31/12/2014) ▾				
	Total	Mitjana	Mediana	Màxim	Mínim
CN A6 elec (A5 i A6)	208.059,96 kWh -31,1 %	3.467,67 kWh -31,1 %	3.591,22 kWh -27,2 %	6.333,24 kWh -35,3 %	304,45 kWh + 7.533,7 %

Taula 15. Comparació del consum elèctric de l'aulari 6 en la primera meitat de dècada amb la segona [15].

Per últim, l'aulari 6 segueix la tendència de la resta d'edificis presentats. Clara disminució del consum elèctric al llarg dels últims anys (tal i com indica la Taula 15) amb una lleugera tendència a augmentar en el període del 2017 – 2019.

Com en el cas de l'aulari 5, el consum és molt menor en comparació als 4 primers aularis.

### 6.1.1 CONCLUSIÓ GENERAL

Observant les dades que s'han presentat de l'evolució del consum elèctric de l'última dècada es pot comprovar que existeix una clara disminució del consum a partir de l'any 2012, motiu

pel qual es podria afirmar que a partir d'aquell any es va començar a tenir en més consideració l'estalvi energètic. Això podria ser degut a la conscienciació dels usuaris de les instal·lacions i en la seva implicació en reduir el consum energètic, i sobretot, a les noves mesures que s'han anat prenent progressivament.

Si s'observen les taules 6 a 11, es pot comprovar com en la segona meitat de dècada (2015 – 2019) el consum elèctric ha disminuït de forma notable en cada un dels 6 aularis.

L'equip de manteniment de la Universitat ha realitzat esforços en l'optimització de l'energia invertida en la generació de fred i calor, sobretot en la part de calor, ja que la majoria d'edificis no compten de plantes refredadores. El pla de manteniment s'ha focalitzat en la via preventiva: dur al dia les correctes revisions de la maquinària especificades al RITE (Reglament d'Instal·lacions Tècniques en l'Edificació) per tal de prevenir el major nombre d'averies i de fallades en la maquinària i assegurar-ne el funcionament al seu rendiment nominal.

Pel que fa als equips de climatització instal·lats, no se'n pot fer un seguiment del comportament, ja que es tracte d'equips individuals controlats per un usuari segons el seu criteri. Això produeix que existeixin consums potencialment innecessaris difícils de controlar.

## 6.2 CONSUM DE GAS

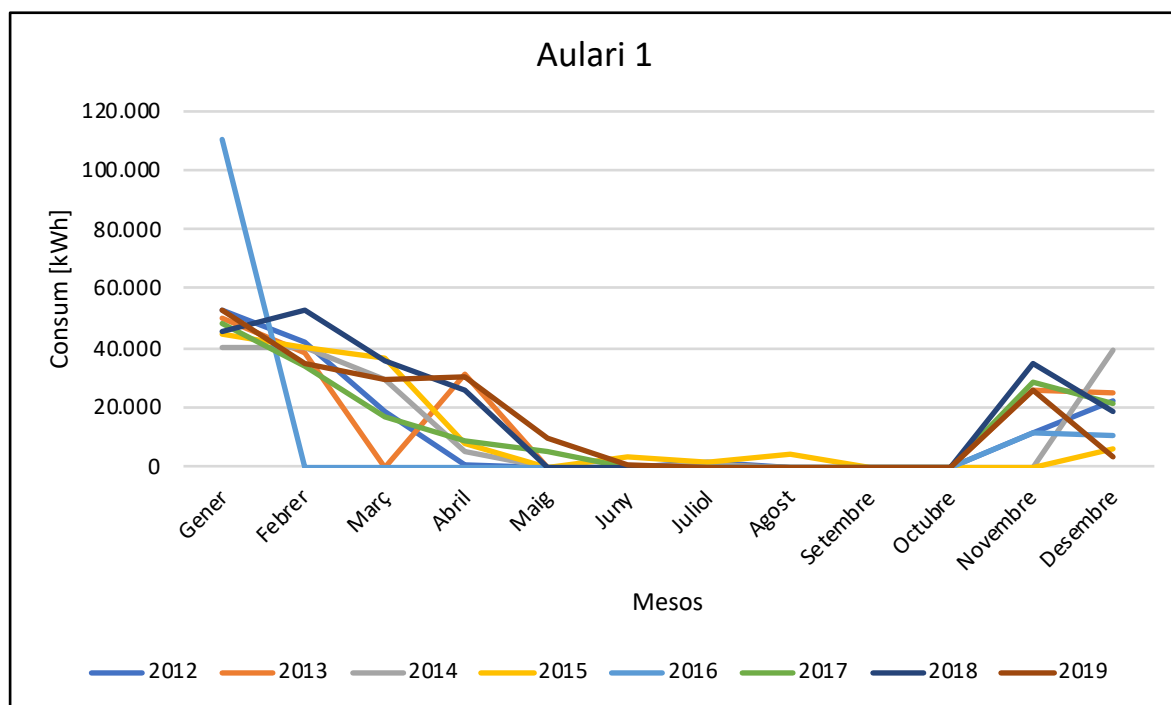
Com s'ha comentat anteriorment, es disposa de les lectures de gas referents als anys 2012 – 2019. El SIRENA no disposa del registre de consum de gas i per tant, no se'n poden obtenir les dades.

El servei d'infraestructures de la UPC ha facilitat les dades de consum de gas per a cada un dels aularis. S'ha fet un anàlisi per a cada un dels edificis, semblant al que s'ha fet per el consum elèctric.

A més a més, s'adjuntaran les dades amb l'import econòmic mensual per a cada un dels aularis per a cada un dels anys presentats. Les dades es mostren a continuació.

## A1

Les dades del consum de gas de l'aulari 1 són:



Gràfic 14. Comparació del consum de gas en el període del 2012 - 2019 de l'aulari 1 [11].

Observant el Gràfic 14, s'observa que els mesos que corresponen a les estacions més fredes la demanda de gas augmenta, ja que la calefacció dels edificis funciona gràcies a les calderes que hi ha instal·lades i que, com ja s'ha comentat, aquestes cremen gas.

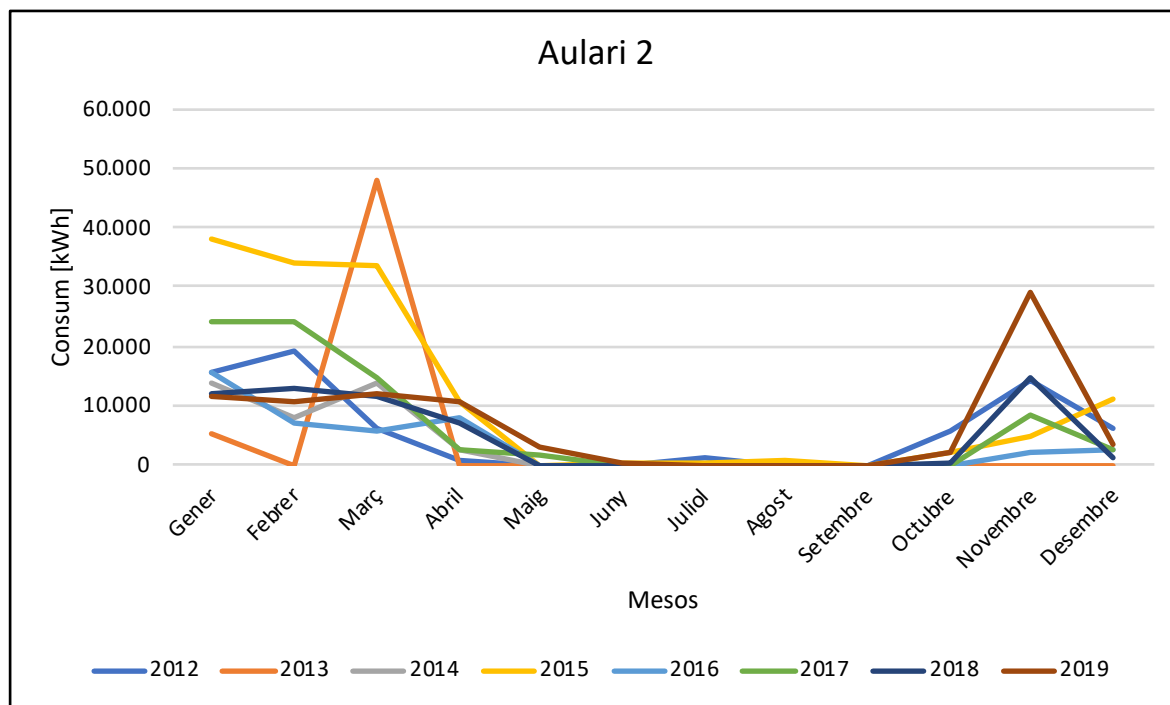
Com és d'esperar, durant l'època estival, el consum de gas és pràcticament zero. És aquí quan s'observa que el poc consum obtingut és aquell que es destina a la generació d'ACS (aigua calenta sanitària).

Lamentablement, no es pot obtenir el percentatge de gas dedicat al sistema de calefacció i el percentatge destinat a la producció d'ACS.

Destacable un pic el gener del 2012, on el consum es va situar molt per sobre dels altres, oscil·lant els 150.000 kWh de gas consumit.

## A2

Les dades del consum de gas de l'aulari 2 són:



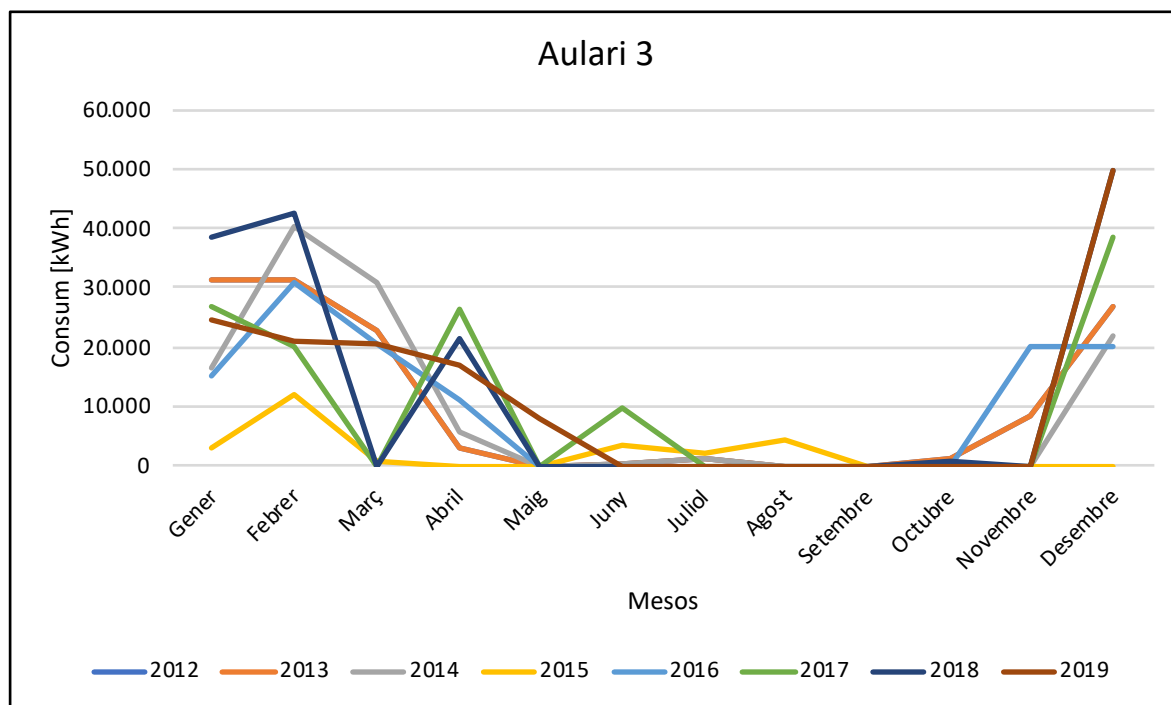
Gràfic 15. Comparació del consum de gas en el període del 2012 - 2019 de l'aulari 2 [11].

L'aulari 2 presenta un consum de gas similar al de l'aulari 1. Consums elevats durant les estacions fredes i reduïts en èpoques caloroses.

Destacable un pic el març de l'any 2013, on el consum quasi arriba als 50.000 kWh.

### A3

Les dades del consum de gas de l'aulari 3 són:



Gràfic 16. Comparació del consum de gas en el període del 2012 - 2019 de l'aulari 3 [11].

L'aulari 3 segueix patró lògic de consum. A l'estiu consum pràcticament zero, mentre que a les altres estacions, el consum és més elevat.

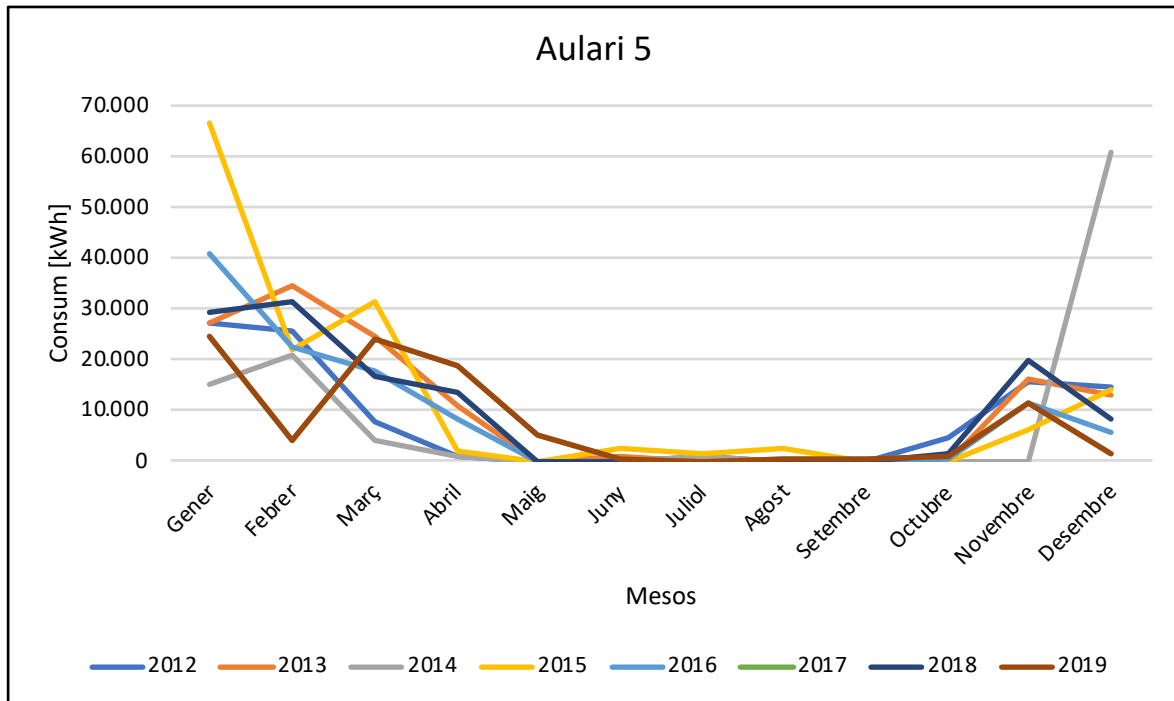
Es pot observar que els anys són més irregulars entre sí, sobretot al mes d'abril on la tendència va a la baixa menys als anys 2017 i 2018, on es presenta un petit pic de consum.

Destacable el pic de desembre de 2019 on quasi bé s'arriba als 50.000 kWh consumits de gas.



## A5

Les dades del consum de gas de l'aulari 5 són:



Gràfic 18. Comparació del consum de gas en el període del 2012 - 2019 de l'aulari 5 [11].

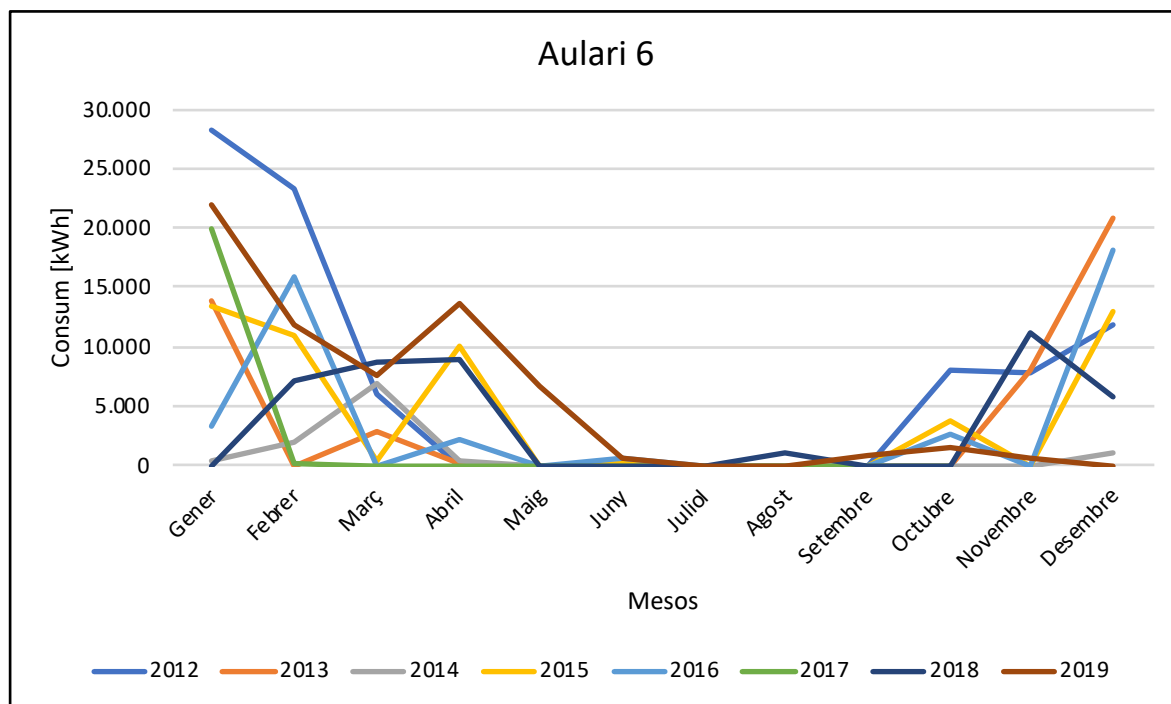
L'aulari 5 presenta un comportament semblant al de l'A4. L'edifici presenta una continuïtat molt constant al llarg dels diferents anys.

Destacable el pic de desembre de 2014, on el consum va ser clarament més alt en comparació a la resta d'anys. La demanda de gas va oscil·lar els 60.000 kWh.



## A6

Les dades del consum de gas de l'aulari 6 són:



Gràfic 19. Comparació del consum de gas en el període del 2012 - 2019 de l'aulari 6 [11].

Finalment, l'aulari 6 segueix un patró idèntic als altres edificis. El consum de gas es dispara en les èpoques de demanda de calefacció i es veu clarament reduït a l'estiu.

La continuïtat és bastant irregular entre els diferents anys en les èpoques primaverals i força regular quan entra l'hivern.

Destacable el pic de gener de 2012 on la demanda es va situar als 28.000 kWh.

## 6.2.1 CONCLUSIÓ GENERAL

Com s'ha pogut observar en les dades facilitades per part del servei d'infraestructures de la UPC, el consum de gas dels aularis segueix un patró lògic i esperat. El consum augmenta en les estacions de l'any fredes i disminueix quan entren les caloroses.

Com ja s'ha comentat, el gas també s'utilitza per la generació d'ACS. Desafortunadament no es pot conèixer quina quantitat de gas es destina a cada finalitat, però si es considera que tot el gas consumit en els mesos de juliol i agost es destina a escalfar l'aigua, es pot veure que el percentatge de gas utilitzat per aquest fi en els mesos d'hivern és inferior al 10% del total.

Per complementar la informació, es presenta la següent Taula 16 amb la informació del consum i la despesa anual durant el període estudiat (2012 – 2019) per a cada un dels aularis.

CONSUM DE GAS PER AULARIS	A1		A2		A3		A4		A5		A6	
	CONSUM	DESPESA	CONSUM	DESPESA	CONSUM	DESPESA	CONSUM	DESPESA	CONSUM	DESPESA	CONSUM	DESPESA
	kWh	€ (amb IVA)	kWh	€ (amb IVA)	kWh	€ (amb IVA)	kWh	€ (amb IVA)	kWh	€ (amb IVA)	kWh	€ (amb IVA)
2012	333.718	9.449	68.887	5.091	125.957	8.034	100.743	6.797	96.297	6.638	85.083	5.998
2013	356.432	11.692	53.064	4.472	122.745	8.278	45.869	4.043	127.012	8.932	45.616	4.028
2014	340.941	10.845	71.777	4.321	116.049	9.387	125.644	8.923	101.941	7.489	10.616	12.552
2015	331.353	9.256	135.010	8.450	25.557	2.680	46.291	3.082	148.440	10.024	51.508	3.296
2016	317.801	7.026	40.619	2.858	117.950	6.342	57.264	3.399	106.261	5.838	42.364	2.616
2017	162.208	7.867	78.229	4.339	94.639	5.518	84.390	4.652	94.375	5.077	19.860	2.220
2018	212.595	11.575	59.349	3.463	114.321	6.800	68.199	4.556	120.196	7.096	42.675	3.341
2019	185.929	10.202	82.261	4.685	140.730	8.188	98.013	5.793	91.013	5.639	65.068	3.876
TOTAL	2.240.977	77.912	589.196	37.679	857.948	55.229	626.413	41.244	885.535	56.733	362.790	37.927

Taula 16. Informació de consum [kWh] i despesa [€] per a cada un dels aularis en el període del 2012 - 2019.

L'aulari 1 és el que presenta un major consum de gas, amb un total de 2.240.977 kWh d'energia consumits. Si també es fa l'anàlisi any per any, es pot comprovar com és aquest edifici és el que té la major demanda en comparació els altres 6.

Òbviament, la despesa de l'A1 és la més alta (a causa del major consum) i es situa en els 77.912€ invertits d'un total de 306.723€ corresponents a la suma dels sis aularis. En altres paraules, i assumint que l'energia invertida per la generació d'ACS és zero, es pot veure que

l'aulari 1 consumeix aproximadament un 25% de la despesa total. Aquest fet és remarcable ja que en total hi ha 6 edificis més, els quals la seva despesa oscil·la sobre el 15% del total.

Analitzant els resultats de l'aulari 6, es pot veure que és l'edifici amb el menor consum elèctric. Aquest fet és realment destacable, ja que és l'edifici amb més superfície i ocupació del conjunt d'aularis. A més a més, és el que més s'assembla a l'aulari 1 (que es recorda que és el que té més demanda elèctrica) a nivell d'ubicació, ja que tant l'A6 com l'A1 estan situats als extrems, tenint una major part de façana exposada a l'exterior.

Pel que fa als pics puntuals de consum, també és important destacar que no existeix una relació aparent entre comportaments. Seria lògic que, quan un edifici presenta una dada irregular de consum (com per exemple: el març de 2013 en el cas de l'aulari 2, el desembre del 2014 per l'aulari 5 o el desembre de 2019 per l'aulari 3), la resta d'aularis seguisin un comportament similar. En canvi, les irregularitats es presenten de forma aïllada i independent en cada un dels edificis i pot ser causada per necessitats puntuals que van sorgir en aquell període específic.

A més a més, si s'analitzen les èpoques corresponents als mesos més freds (octubre a març) es pot veure com el consum sí augmenta de forma esperada a causa de la necessitat d'escalfar l'edifici. El que resulta rellevant són, de nou, els pics que es donen puntualment en alguns d'aquests aularis.

Una possible explicació és que la demanda va ser més gran a causa de que l'ocupació real era més gran en aquesta època en els aularis que presenten un consum més elevat.

## 7. MANTENIMENT

Els costos d'energia tèrmica i elèctrica d'un edifici depenen en gran mesura de l'ús a que estigui destinat i dels equips de consum que hi hagi instal·lats. Però existeixen altres aspectes determinants per l'estalvi energètic, com poden ser: la conscienciació del personal, l'organització del consum energètic i sobretot, la millora del manteniment.

Un bon manteniment de la instal·lació de climatització pot aportar avantatges en l'optimització i gestió dels actius energètics, com per exemple:

- **Reducció del consum elèctric:** Disminuint la facturació entre un 30% i un 45% [16], fet que redueix notablement els costos generals de la instal·lació i minimitza l'efecte de la pujada del preu de l'electricitat.
- **Optimització de la instal·lació:** Mitjançant un manteniment preventiu i programat, s'aconsegueix que els equips es conservin en estat òptim, prorrogant les hores de funcionament de major rendiment.
- **Prevenició d'averies:** Amb la comprovació dels paràmetres de funcionament de manera regular s'aconsegueix una detecció ràpida de les averies i de la seva reparació.
- **Compliment de la llei:** El Real Decret 1027/2007, on s'aprova el vigent reglament d'instal·lacions tèrmiques, indica que totes les instal·lacions de climatització estaran sotmeses a un règim de manteniment obligatori que realitzarà una empresa autoritzada/certificada.
- **Sostenibilitat:** Amb un correcte manteniment es redueixen les emissions de CO<sub>2</sub>, garantint que el funcionament de l'equipament es realitza en condicions òptimes, higièniques i segures per l'usuari.

## 7.1 TIPUS DE MANTENIMENTS

Realitzar un correcte manteniment de les màquines i els equips és fonamental per aconseguir que aquests funcionin correctament i evitar així averies que podrien causar problemes majors en cas d'aparèixer.

Una empresa encarregada de dur a terme el manteniment de les instal·lacions pot treballar de diferents formes a l'hora de dur a terme el manteniment.

El manteniment es pot classificar seguint diferents criteris, com per exemple l'especialitat de la tasca (manteniment elèctric, acústic, mecànics, etc.) o d'acord amb el seu nivell de perillositat, que requereixen permisos especials abans de ser realitzats.

En aquest punt es presenten les diverses estratègies que es poden adoptar a l'hora de planificar el manteniment d'una instal·lació.

### **MANTENIMENT CORRECTIU**

El manteniment correctiu és conegut també com a reactiu. És el mètode més tradicional dels que es plantegen.

Aquesta estratègia es basa en anar arreglant les averies segons van sorgint. No requereix de cap planificació, sinó simplement d'anar atenent dia a dia les averies que necessiten de reparació. És important destacar que, per dur-lo a terme, quasi sempre s'ha de paralitzar la producció, generant pèrdues per temps i de diners.

Per tal de minimitzar l'impacte de les fallades, és important que hi hagi un bon departament de manteniment, que estigui ben dimensionat i que compti amb el nombre suficient d'operaris per reparar les avaries amb el menor temps possible.

A més a més, és important que l'empresa responsable compti amb un alt inventari de recanvis, ja que en cas contrari, el temps de parada pot allargar-se molt segons el temps d'entrega dels materials sol·licitats.

Per poc efectiu que pugui semblar avui en dia, moltes empreses segueixen basant el seu pla de manteniment en la estratègia correctiva, sense realitzar cap relació de causa ni prevenció de les fallades.

El manteniment correctiu és útil per a sistemes amb poca càrrega de producció i on no es produeixin tantes averies per la naturalesa del treball realitzat, on la realització dels plans de manteniment més elaborats seria més car que el benefici que s'obtindria d'ells. En qualsevol cas, tota organització que aspiri a crear una estabilitat o que tingui un nivell de producció elevat, hauria d'abandonar aquesta estratègia.

### **MANTENIMENT PREVENTIU**

El manteniment preventiu, o també anomenat planificat, consisteix en desenvolupar tot un conjunt d'accions preventives que tenen com a objectiu mantenir la instal·lació fora d'averies. El seu objectiu es aconseguir el màxim rendiment dels equips i maquinària, compensant el desgast que sofreixen amb el pas del temps sempre abans de que aparegui una averia, de forma preventiva.

Aquest manteniment es caracteritza per tenir un caràcter molt sistemàtic, és a dir, que els canvis de components es realitzen en base a les hores de funcionament de la instal·lació o per períodes de temps. Es va fent un registre del temps que tarden les peces més importants a avariar-se per, més endavant, poder-les canviar abans que això succeeixi. Per evitar mantenir la instal·lació parada en hores punta, normalment els manteniments es realitzen en hores de poca càrrega.

Dintre d'aquesta estratègia de manteniment es distingeixen dues línies remarcables.

- **Manteniment conductiu:** És portat a terme per el personal de producció que està amb la instal·lació a diari. Solen ser tasques senzilles, com ara: la lectura de paràmetres, inspeccions sensorials, petits ajustaments o canvis de configuració, etc.

- **Manteniment rutinari:** És el conjunt de tècniques que, sense arribar a desmuntar per complet la màquina en qüestió, ajuden a conservar-ne el millor estat possible mitjançant simples accions com: greixar els components que ho requereixin, neteges, substitucions periòdiques d'elements, etc.

El manteniment preventiu es basa en les inspeccions. A banda de les tècniques que s'han comentat (conductives i rutinàries), les inspeccions permeten completar la filosofia d'aquest tipus de manteniment: evitar fallades.

Clarament, aquest manteniment és superior al correctiu, sobretot per empreses amb un volum de càrrega més elevat. És molt beneficiós evitar les averies, ja que es tradueixen en una reducció de costos important. Malgrat tot, la gran desavantatge que té aquest sistema és el temps que consumeixen les inspeccions, durant les quals el procés de producció ha d'aturar-se. Sempre miren de fer-se en moments de poca càrrega, però a vegades es tracte d'instal·lacions que operen tot el dia i resulta complicat trobar el moment adient per dur-les a terme. Aquestes inspeccions ha de veure's reflectides dins les parades programades de producció, amb la finalitat de poder-ne fer una adient planificació.

## **MANTENIMENT PREDICTIU**

És el més tecnològic dels tres tipus de manteniments que s'han comentat. Consisteix en un seguit d'accions que es prenen i tècniques que s'apliquen amb l'objectiu de detectar possibles fallades i/o defectes de la màquina en les etapes incipients (que no es manifesten) amb la finalitat d'evitar que aquests errors es apareguin transformats en un de més greu durant el funcionament de la màquina. S'eviten així parades d'emergència i temps morts, causant un impacte financer negatiu.

Per tal d'aconseguir aquest fi, es realitzen inspeccions a la maquinària de tal forma que han estat programades perquè s'efectuïn en el moment més oportú. Solen ser revisions de caràcter sistemàtic, és a dir, es realitzen encara que l'equip no presenti símptomes de tenir problemes.

El principal requisit per a que es pugui aplicar una tècnica predictiva és que l'error, en fase inicial de desenvolupament, doni senyals de la seva existència, com podrien ser: temperatures lleugerament per sobre de lo habitual, sorolls, ultrasons, vibracions, partícules de desgast, alta intensitat elèctrica, etc.

Les tècniques que s'utilitzen per a la detecció d'aquestes fallades i defectes en la maquinària varien i poden anar des de la utilització dels sentits de la persona encarregada de dur a terme les revisions (oïda, vista, tacte o olfacte), fins a la utilització de dades de control processades i de control de qualitat, d'eines basades en informació estadística, anàlisi de les vibracions, termografia, tribologia (que estudia el desgast, la lubricació o la fricció), l'anàlisi de circuit de motors i els ultrasons.

El manteniment predictiu presenta moltes avantatges en comparació els altres dos mètodes presentats. A continuació es citen algunes d'elles:

- Les fallades es detecten en les etapes inicials, fet que aporta el suficient temps per fer una planificació i programació de les accions correctives.
- Les tècniques de detecció del manteniment predictiu són, en la seva major part, tècniques "on-condition". Això significa que les inspeccions es poden realitzar amb la maquinària en funcionament i treballant en la seva capacitat nominal, sense necessitat de parar-la i desmuntar-la.
- Anticipació de fallades.
- Estalvi en recanvis.
- Millora del coneixement sobre la màquina.
- Millora de la fiabilitat.
- Reducció del temps i costos de manteniment.

Per altra banda, el manteniment predictiu presenta algunes desavantatges que és important considerar a l'hora de decidir sobre quin manteniment optar per una instal·lació.

- Alta inversió inicial ja que requereix d'equips específics i costosos.



- La necessitat d'un personal preparat i amb experiència com per poder detectar, en alguns casos, possibles irregularitats sense la necessitat d'ajuda d'aparells externs.
- Gran dificultat d'obtenir una resposta clara i segura del que s'està analitzant, ja que no existeix cap paràmetre ni conjunt de paràmetres que revelin a la perfecció l'estat de l'equip que es vol revisar.

## 7.2 MANTENIMENT ALS AULARIS

Després de conversar amb el servei de manteniment del campus nord de la UPC, s'obté la informació que existeix una empresa especialitzada contractada per la realització dels manteniments de les instal·lacions de climatització dels aularis.

Aquesta empresa segueix els passos especificats al "*Reglamento de Instalaciones Térmicas de la Edificación*" (RITE) [17] en referència a manteniment dels equips.

Equipos y potencias útiles nominales (Pn)	Usos	
	Viviendas	Restantes usos
Calentadores de agua caliente sanitaria a gas $P_n \leq 24,4 \text{ kW}$	5 años	2 años
Calentadores de agua caliente sanitaria a gas $24,4 \text{ kW} < P_n \leq 70 \text{ kW}$	2 años	anual
Calderas murales a gas $P_n \leq 70 \text{ kW}$	2 años	anual
Resto instalaciones calefacción $70 \text{ kW} \leq P_n$	anual	anual
Aire acondicionado $P_n \leq 12 \text{ kW}$	4 años	2 años
Aire acondicionado $12 \text{ kW} < P_n \leq 70 \text{ kW}$	2 años	anual
Instalaciones de potencia superior a 70 kW	mensual	mensual

Taula 17. Operacions de manteniment preventiu i la seva periodicitat segons RITE.

La Taula 17 mostra les operacions a realitzar marcades pel RITE, segons el tipus d'instal·lació que es tingui. També, el propi RITE ja cataloga les tasques a realitzar com a accions de caràcter preventiu.

Segons la informació proporcionada per l'empresa, cal esmentar que les instal·lacions no solen tenir averies importants i que, com que el RITE no especifica que sigui obligatori un

manteniment de caràcter predictiu, la UPC es basa en el mètode preventiu, realitzant canvis de components en base al que indiqui el propi RITE o el fabricant de la màquina.

Per tant, els aularis segueixen una estratègia enfocada en prevenir errors realitzant revisions de forma periòdica per tal d'aconseguir-ho. És important remarcar que, l'únic inconvenient que podria presentar aquest tipus de manteniment, és que aparegui una averia important que impliqui deixar sense clima les aules durant uns dies.

A banda d'això, i segons la informació obtinguda, no hauria d'haver-hi major problema.

Tot i això, com a proposta de futur, seria interessant que la Universitat decidís redirigir l'estratègia de manteniment cap a una orientació predictiva, per tal de garantir, en un major percentatge, el correcte funcionament de les instal·lacions durant tot l'any.

## 8. PROPOSTES DE MILLORA

Per tal d'aconseguir els objectius marcats per el pla Energia UPC, indicats en la Figura 2 a l'inici d'aquest treball, es proposen les següents millores enfocades en la reducció i optimització del consum d'energia dels aularis.

Degut a que els edificis estudiats són semblants en diversos aspectes (arquitectura, superfície, ús, ocupació, localització, etc.) es proposaran millores de forma genèrica, assumint que serien aplicables en qualsevol dels 6 aularis presentats.

### 8.1 PLAQUES SOLARS

Com a proposta principal de millora es planteja la instal·lació de panells solars a la coberta de cada un dels aularis. Això no només contribuirà en la reducció de despesa elèctrica, sinó que col·laborarà en l'objectiu d'obtenir un 20% d'energia renovable a la UPC.

La proposta consisteix en un instal·lació fotovoltaica connectada a la xarxa elèctrica. La finalitat de connectar-la a la xarxa de subministrament és tenir l'opció de poder vendre part de la producció en cas que la demanda sigui inferior a l'energia produïda i evitar així, la instal·lació de bateries d'emmagatzematge (les quals augmentarien el cost de la inversió). A més a més, encara que sigui en un percentatge molt menor, s'incrementarà la generació d'energia procedent de fonts renovables a la xarxa elèctrica.

Una instal·lació fotovoltaica connectada a la xarxa consisteix, en termes generals, d'un generador fotovoltaic connectat a un inversor que opera en paral·lel amb la xarxa convencional.

El generador o placa capta la radiació solar i la transforma en energia elèctrica, que, enlloc de ser emmagatzemada en bateries (com sí es faria en cas de dissenyar un sistema aïllat), es pot destinar directament al consum del propi edifici generador o, per altra banda, entregar-la a la xarxa elèctrica de distribució per ser utilitzada per tercers. Aquestes dues opcions són possibles gràcies a l'inversor de corrent continu a corrent alterna, especialment dissenyat

per aquest tipus de funcionalitat. S'encarrega de donar prioritat a l'ús de l'electricitat fotovoltaica produïda i, en cas que aquesta no fos suficient per cobrir la demanda, el convertidor actuaria de "bypass" per poder entregar més energia a l'edifici.

A més a més, es col·locarà un comptador individual per a cada edifici amb la finalitat de conèixer l'energia [kWh] entregada a la xarxa.

Pel que fa als panells, es localitzarien a les cobertes de cada un dels edificis, les quals oscil·len sobre els 760 m<sup>2</sup> segons els plànols facilitats pel servei d'infraestructures de la UPC. La instal·lació no suposa una gran complexitat, ja que la coberta és plana i regular, i s'hi pot accedir fàcilment.

S'ha de tenir en compte però, que a les cobertes s'hi situen les unitats exteriors dels equips de climatització presentats en la Taula 9, una unitat exterior per cada unitat interior, és a dir, 33 màquines repartides en els 6 aularis. Com es pot veure, no és un número d'aparells que pugui suposar algun problema important, a més a més, les dimensions que tenen aquests equips no causarà problemes d'ombres a les hores de màxima generació d'energia solar.

Per al càlcul s'ha fet servir de guia base el "*Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía*" (IDAE) i el "*Documento básico HE de Ahorro de Energía*".

Com s'ha pogut veure en les imatges presentades de l'edifici, no existeixen problemes importants d'ombres, fet que es tradueix en que no hi hagi pèrdues de radiació solar i que la superfície de les plaques treballi a plena càrrega. Per completar el càlcul es presenta un estudi de radiació solar.

### 8.1.1 ESTUDI DE RADIACIÓ SOLAR

L'objectiu principal d'aquest apartat és determinar els límits en l'orientació i inclinació dels mòduls d'acord amb les pèrdues màximes permissibles (càlcul de pèrdues per orientació i inclinació del document HE4).

Per al cas d'estudi, es decideix col·locar les plaques fotovoltaïques alineades (d'est a oest) de la coberta amb orientació sud (màxima eficiència), per un tema de disseny i aprofitament de

l'espai. A més, si l'angle d'inclinació del captador  $\beta = 41^\circ$  (corresponent a la latitud de la ciutat de Barcelona) amb un angle d'azimut  $\alpha = -45^\circ$ , s'obté un rendiment del 90 – 95%. En la següent Figura 26 es mostra una representació gràfica del rendiment en funció de l'orientació i la inclinació.

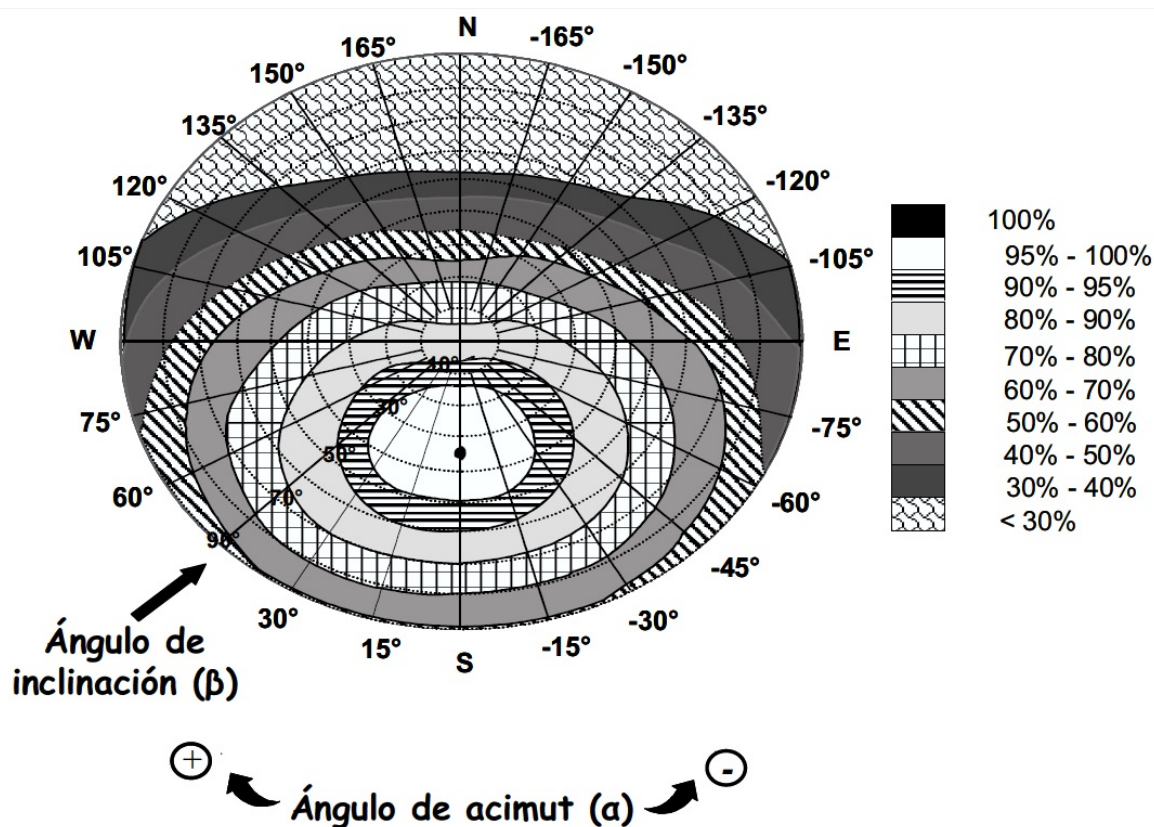


Figura 26. Aprofitament de l'energia solar en funció de l'orientació i la inclinació

Tenint en compte el “*Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red*”, l'orientació i inclinació de la placa fotovoltaica i les seves possibles ombres sobre el mateix, no podran superar un percentatge concret de pèrdues.

	Orientación e inclinación (OI)	Sombras (S)	Total (OI+S)
General	10 %	10 %	15 %
Superposición	20 %	15 %	30 %
Integración arquitectónica	40 %	20 %	50 %

Taula 18. Taula de pèrdues màximes per orientació, inclinació i ombres [18].

Tal i com mostra la Taula 18, la instal·lació no pot superar el 15% de pèrdues, fet que, com s'ha comentat anteriorment, s'assoleix a causa del rendiment aproximat del 90 – 95%.

La informació general a tenir en compte per dur a terme el càlcul és la presentada en la Taula 19.

Ubicació	Barcelona
Latitud de càlcul	41º
Altitud	9 m
Humitat relativa	0,68
Velocitat mitja vent	8 km/h
Temperatura mitja màxima	31ºC
Temperatura mitja mínima	2ºC
Graus dia base 15 (segons UNE-24046)	1150.70

Taula 19. Informació geogràfica i climatològica.

Segons les dades anteriors, es presenta el següent estudi solar:

Mes	Ed	Em	Hd	Hm
Gener	3,11	96,5	3,89	121
Febrer	3,84	108	4,85	136
Març	4,68	145	6,09	189
Abril	4,56	137	6,05	181
Maig	4,9	152	6,61	205
Juny	5,04	151	6,93	208
Juliol	4,09	158	7,08	220
Agost	4,97	156	6,97	213
Setembre	4,82	150	6,72	208
Octubre	4,36	131	5,09	179
Novembre	3,83	119	5,09	158
Desembre	3,13	94,4	4,02	121

Taula 20. Estudi solar segons ubicació i orientació.

On:

- Ed: Producció mitja diària d'energia elèctrica del sistema [kWh].
- Em: Producció mitja mensual d'energia elèctrica del sistema [kWh].

- Hd: Suma diària mitjana d'irradiació global per metre quadrat rebuda per els panells solars [kWh/m<sup>2</sup>].
- Hm: Suma mitjana d'irradiació global per metre quadrat rebuda pels mòduls del sistema [kWh/m<sup>2</sup>].

A continuació, es defineix el model de placa solar escollit per a la instal·lació [19]:

Marca i model	AXITEC-AC-20P/156-72S
Dimensions	1956x992x40 mm
Pes	23 kg
Potència nominal	320 W
Tensió nominal	37,39 V
Tensió màxima en circuit obert	45,59 V
Corrent nominal	8,58 A
Corrent de curtcircuit	9,18 A
Coefficient de rendiment del mòdul	0,1649
Estructura	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Estructura de vidre templat de 3,20 mm de baixa reflexió.</li> <li>· 72 cèl·lules policristal·lines d'alt rendiment.</li> <li>· Marc d'alumini anoditzat amb plata de 40 mm.</li> </ul>

Taula 21. Especificacions tècniques de la placa fotovoltaica seleccionada.



Figura 27. Panell fotovoltaic AXITEC-AC-20P/156-72S seleccionat.

Es fa una suposició del número de plaques necessari per aulari en base al consum elèctric de l'edifici A2 per l'any 2019 (extret del SIRENA [15]). S'ha assumit un rendiment mitjà del 75%. Es presenten els resultats en la següent Taula 22.

Mes	Consum [Wh] 2019	Hd	Potència nominal	Rendiment	Nº Plaques
Gener	12812426,00	3,89	320,00	0,75	7719,57
Febrer	12163252,00	4,85	320,00	0,75	5877,86
Març	13833949,00	6,09	320,00	0,75	5324,03
Abril	12125168,00	6,05	320,00	0,75	4697,25
Maig	13598426,00	6,61	320,00	0,75	4821,68
Juny	11446313,00	6,93	320,00	0,75	3871,18
Juliol	12705064,00	7,08	320,00	0,75	4205,86
Agost	7835769,00	6,97	320,00	0,75	2634,88
Setembre	10097168,00	6,72	320,00	0,75	3521,61
Octubre	12907367,00	5,09	320,00	0,75	5943,35
Novembre	11163163,00	5,09	320,00	0,75	5140,21
Desembre	10029306,00	4,02	320,00	0,75	5847,31

Taula 22. Número de plaques necessàries per satisfer la demanda elèctrica de l'aulari 2 per l'any 2019.

Com es pot observar, per cobrir la demanda elèctrica al 100% amb energia solar durant tot l'any, es necessitarien instal·lar 7720 panells (corresponents al mes de gener, on la demanda és la més alta i la irradiació solar és la més baixa de l'any).

Òbviament, resulta impossible instal·lar aquest número de panells. Per el cas plantejat es suposa que s'instal·laran tants panells com sigui possible a la coberta de l'edifici, tenint en compte una separació entre elles.

- Superfície disponible = 760 m<sup>2</sup>.
- Superfície panell = 2 m<sup>2</sup>.
- Superfície panell amb distància mínima = 10 m<sup>2</sup>.
- N° de panells disponibles = 760 m<sup>2</sup> / 10 m<sup>2</sup> = 76 panells.

En total, es podran instal·lar a la coberta de l'aulari 2 un total de 76 panells fotovoltaics.

Amb aquest número de plaques, l'estalvi energètic per aquest edifici és el presentat a la següent taula:



Mes	Consum [Wh] 2019	Hd [Wh]	Plaques instal·lades	Superfície	Rendiment	Wh Generats	% Aportació
Gener	12812426,00	3890	76	1,940352	0,75	430234,25	3%
Febrer	12163252,00	4850	76	1,940352	0,75	536410,31	4%
Març	13833949,00	6090	76	1,940352	0,75	673554,39	5%
Abril	12125168,00	6050	76	1,940352	0,75	669130,39	6%
Maig	13598426,00	6610	76	1,940352	0,75	731066,42	5%
Juny	11446313,00	6930	76	1,940352	0,75	766458,44	7%
Juliol	12705064,00	7080	76	1,940352	0,75	783048,45	6%
Agost	7835769,00	6970	76	1,940352	0,75	770882,45	10%
Setembre	10097168,00	6720	76	1,940352	0,75	743232,43	7%
Octubre	12907367,00	5090	76	1,940352	0,75	562954,33	4%
Novembre	11163163,00	5090	76	1,940352	0,75	562954,33	5%
Desembre	10029306,00	4020	76	1,940352	0,75	444612,26	4%

Taula 23. Aportació de les plaques solars en l'aulari 2 en base a l'any 2019.

Com es pot comprovar, la col·locació de plaques solars no suposa grans canvis a l'hora de reduir el consum total. Exceptuant el mes d'agost, quan l'ocupació i la demanda són més baixes, en cap mes de l'any s'aconsegueix una aportació del 10% per part de l'energia solar.

S'assumeix que en la resta d'aularis el comportament serà el mateix.

Com es pot comprovar, el percentatge d'aportació d'energia elèctrica per part de les plaques fotovoltaïques és irrellevant respecte la demanda total de l'edifici. Aquest fet generarà que el període d'amortització de la instal·lació sigui molt llarg i no resulti rentable fer-ne el muntatge. Per aquests motius, es considera que no és adient dur a terme aquesta proposta.

## 8.2 SUBSTITUCIÓ DE CALDERES

Una altra millora important que es pot dur a terme consisteix en substituir les actuals calderes la qual, segons la informació obtinguda pel servei de manteniment del campus nord, data del 30 d'octubre de l'any 1989.

Com en el cas de les plaques fotovoltaïques, s'agafarà de referència l'aulari 2 per a fer l'anàlisi proposat.

Com ja s'ha comentat anteriorment, l'actual caldera és una YGNIS de 267 kW de potència. Desafortunadament, no s'han pogut obtenir les especificacions tècniques en cap catàleg, ja

que es tracte d'un mode molt vell que es troba descatalogat. En condicions normals, s'hauria anat a veure la sala de màquines de l'aulari i s'hauria pogut tenir la informació necessària de la placa de característiques de la caldera.

### 8.2.1 TIPUS DE CALDERA

Les calderes més tradicionals que trobem en instal·lacions són les de tipus atmosfèric, és a dir, que disposen d'una càmera de combustió oberta. Això implica que obtenen l'aire per la combustió de la pròpia sala on es troben instal·lades.

A causa de la seva perillositat, aquest model de caldera es va deixar de comercialitzar a partir d'octubre de l'any 2010 ja que, part dels gasos procedents de la combustió, es quedaven a la sala on eren instal·lades.

Posteriorment, aquestes calderes van ser substituïdes per les calderes estanques les quals disposen d'una càmera de combustió tancada. Aquest fet es tradueix en que l'aire implicat en la crema del gas és obtingut de l'exterior de la sala on es troba localitzada i que, els gasos emesos, també són enviats a l'exterior. És a dir, no es generen atmosferes tòxiques que puguin afectar a les persones que s'hi puguin trobar en contacte.

Finalment, les calderes de condensació, també són models estancs (càmera tancada) però presenten la principal avantatge de reutilitzar l'energia generada per el vapor d'aigua en el procés de combustió de gas. En altres paraules, s'aprofita el calor que una caldera tradicional deixaria escapar la xemeneia. Aquest fet assegura una reducció del consum de gas augmentant el rendiment de tot el procés. Amb aquest model de caldera, es pot arribar a estalviar fins a un 35% del consum de gas [20].

Les calderes de condensació són la millor opció per quan es busca un equip altament eficient amb baixes emissions de gasos contaminants, ja que la generació de CO<sub>2</sub> es veu altament reduïda en comparació als altres models de caldera.

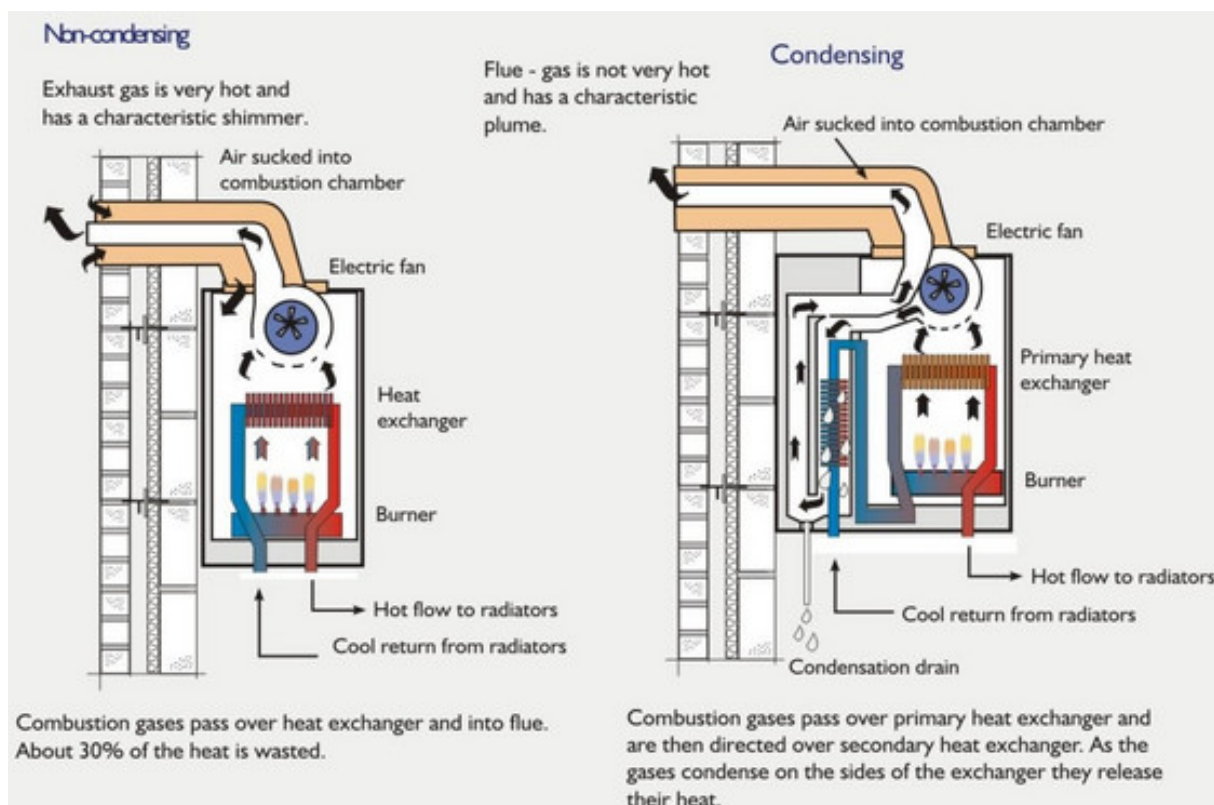


Figura 28. Diferències entre una caldera estanca amb una caldera de condensació.

En la següent Figura 28, s'observen les diferències de funcionament entre una caldera estanca i una caldera de condensació.

Tal i com es pot observar, la caldera mostrada a l'esquerra de la Figura 28 representa el funcionament d'una caldera estanca. L'aire és aportat de l'exterior de l'habitable i enviat a la càmera de combustió, on un ventilador afavoreix el moviment d'entrada i sortida d'oxigen. Un cremador situat a la part inferior és l'encarregat de dur a terme la combustió del gas i, just a la part superior, es situa un intercanviador de calor per on hi circula l'aigua que posteriorment s'enviarà als radiadors de l'edifici que es vulgui escalfar.

L'esquema de la dreta, fa referència a una caldera de condensació. El funcionament és el mateix: l'aire és aportat de l'exterior amb l'ajuda d'un ventilador elèctric, i la ubicació del cremador i de l'intercanviador de calor són iguals. La diferència però, la trobem en com són expulsats els gasos procedents de la combustió. Aquests són forçats a passar per un conducte abans de ser enviats a l'exterior. En aquest recorregut passen per un intercanviador de calor primari per el qual hi circula l'aigua que és enviada al segon intercanviador de calor (situat

dins la càmera de combustió). El que s'aconsegueix és pre-escalfar l'aigua procedent del circuit amb el poder calorífic dels gasos emesos en la combustió. D'aquesta manera s'aprofita una energia que, d'altra forma, s'enviaria simplement a l'ambient exterior.

## 8.2.2 CALDERA PROPOSADA

Per a substituir l'actual caldera YGNIS es proposa una caldera de condensació de la marca VIESSMANN model CT3B [21], el qual té varies gammes de diferents potències les quals van dels 187 als 635 kW. Per al cas seleccionat, com la present caldera YGNIS té una potència de 267 kW, es selecciona el model CT3B de 314/285 kW. La següent taula presenta les especificacions tècniques del model escollit.

Caldera de condensación a gas Vitocrossal 300, modelo CT3B							
<b>Potencia térmica útil de 50/30 °C</b>	kW	187	248	314	408	508	635
<b>Potencia térmica útil de 80/60 °C</b>	kW	170	225	285	370	460	575
<b>Dimensiones</b>							
Longitud	mm	1636	1714	1795	1871	1949	2105
Anchura	mm	988	988	988	1104	1104	1104
Altura	mm	1959	2009	2032	2290	2290	2290
<b>Peso total</b>							
(Con quemador, aislamiento térmico y regulación del circuito de la caldera)							
	kg	608	660	683	937	982	1098
<b>Contenido de agua de la caldera</b>	l	240	265	300	460	500	540

Taula 24. Especificacions tècniques de la caldera seleccionada.

Com s'ha comentat, el model escollit és aquell que aporta una potència de 314 kW per una relació de temperatures de 50/30 °C i 285 kW per una relació de 80/60 °C. D'aquesta manera, assegurem que la caldera pugui satisfer al 100% la seva demanda.

També s'adjunta un detall seccionat de les parts que componen la caldera CT3B per tal de veure'n el seu funcionament.

Se'n poden distingir les següents parts principals:

1. Càmera de combustió d'acer inoxidable d'alt aliatge.
2. Superfície d'intercanvi tèrmic Inox-Crossal.
3. Aïllament tèrmic.
4. Regulació Vitotronic amb "display" tàctil a color i assistent de posada en marxa.

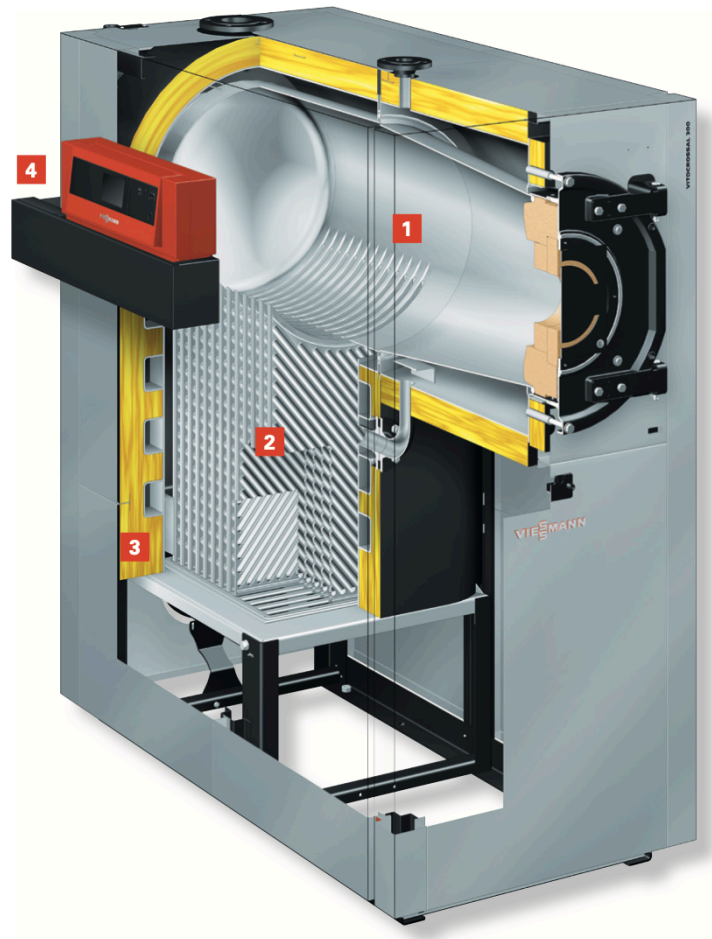


Figura 29. Secció de la caldera de condensació VIESSMANN CT3B.

Tenint en compte que, segons s'ha comentat anteriorment, les calderes de condensació presenten fins a un 35 % de millora respecte les calderes estanques, s'espera que hi hagi una reducció notable del consum de gas d'aproximadament el 20 – 25% en les èpoques de màxima producció. Aquesta reducció serà extrapolable al nivell d'emissions de CO<sub>2</sub> generades i a la factura total de gas consumit.

## 8.3 MILLORES DE L'EFICIÈNCIA ENERGÈTICA

En aquest apartat, es remarcaran altres aspectes que es poden considerar a l'hora de millorar l'eficiència tèrmica dels aularis. Les diferents propostes es separaran en subgrups per tal tenir un ordre en les millores presentades.

### 8.3.1 REDUCCIÓ DE LA DEMANDA ENERGÈTICA

El comportament energètic dels edificis consisteix en l'intercanvi de calor que es produeix entre els espais interiors habitables i l'ambient exterior a través de l'envolupant tèrmica. Aquesta envolupant està composta per tots els tancaments opacs, verticals i horitzontals, els forats de vidres i marcs i ponts tèrmics de l'edifici. El nivell d'eficiència d'aquesta dependrà del seu adequat disseny i execució a l'hora de construir-se.

Per tant doncs, si es vol obtenir una millor en l'envolupant tèrmica d'un edifici s'hauran d'atacar els punts que la conformen especificats anteriorment.

- **Millora de l'aïllament tèrmic:** Col·locació d'aïllant en façanes, cobertes, falsos sostres i terres quan estiguin amb contacte amb espai exterior o locals no climatitzats. De material aïllant, es pot col·locar un que, a banda d'oferir un bon aïllament tèrmic (fonamental), aporti aïllament acústic. Bon exemples podrien ser el poliestirè extruït, fibres de vidre, llanes de roca, escumes de poliuretà, aïllaments de cel·lulosa ecològics insuflada en càmeres o el vidre cel·lular, el qual prové del reciclatge del vidre i presenta capacitat impermeable.
- **Substitució de fusteria i vidres:** L'objectiu d'aquesta proposta seria instal·lar elements que disposin de ruptura del pont tèrmic per tal d'evitar al màxim les pèrdues tèrmiques amb l'exterior.

Aquesta fita es pot aconseguir gràcies a elements com: finestres de doble vidre amb càmera d'aire tipus "climalit" (veure Figura 30 adjunta); vidres amb un factor solar baix o de baixa emissivitat amb un tractament que aconsegueixi reflectir gran part de la radiació solar que rep i que, per tant, redueixi la càrrega per radiació solar que entra a l'edifici; instal·lació de calaixos per a persianes que incorporin un aïllament tèrmic

adient; persianes amb aïllament a l'interior de les seves làmines; canviar portes i altres elements de fusteria per altres amb la permeabilitat a l'aire adient, segons la zona climàtica de l'edifici (zones més fredes, més permeabilitat per assegurar un millor comportament tèrmic), etc.



Figura 30. Finestra de doble vidre amb  
càmera d'aire de "Climalit".

- **Aïllar correctament les zones amb pont tèrmic:** Com en les finestres i portes, totes les zones on s'interromp el tancament i es perd la inèrcia tèrmica, s'han de reforçar amb aïllament, com per exemple: en els calaixos de les persianes, creuaments de pilars, creuaments de forjats, etc.
- **Millorar les condicions de ventilació de l'edifici i dels espais situats sota coberta:**  
En general, sempre es convenient que es realitzi una bona ventilació que garanteixi la qualitat de l'aire interior. En zones climàtiques més càlides, aquesta ventilació té encara més importància (sobretot a l'estiu) i convé aconseguir una ventilació natural que permeti la dissipació de l'energia acumulada durant el dia durant la nit.  
Per tant doncs, és convenient que en zones on s'arriba a altes temperatures, l'edifici presenti condicions de poca estanquitat i de bona permeabilitat. Per altra banda, en zones fredes, el que es buscarà és reduir la permeabilitat (evitant la circulació d'aire exterior) i augmentat l'estanquitat.

### 8.3.2 MILLORA DEL RENDIMENT EN LES INSTAL·LACIONS DE CALEFACCIÓ, REFRIGERACIÓ, AIGUA CALENTA SANITÀRIA I IL·LUMINACIÓ

En aquest apartat es presentaran punts per tal de millorar aspectes relacionats amb la instal·lació de l'edifici. Alguns d'ells ja han estat tractats anteriorment, però es comentaran de forma general per tal de tenir un guió amb totes aquelles accions que es poden dur a terme per tal de reduir el consum energètic d'un edifici.

- **Substitució dels equips de generació de calefacció i d'ACS per altres amb un major rendiment:** Anteriorment en aquest treball ja s'ha proposat el canvi de caldera com a millora de reducció de consum i augment d'eficiència energètica.
- **Substitució dels equips d'aire condicionat per altres de major rendiment:** A l'igual que en la generació de calor, la producció de fred també és un element molt important a l'hora d'avaluar els consums d'un edifici. Com s'ha vist anteriorment, la gran majoria d'espais dels edificis estudiats no estan equipats amb sistemes de refrigeració i els que hi ha instal·lats són models relativament nous (no necessiten d'una substitució). Per tal de reduir el consum, s'hauria d'implementar un sistema de control centralitzat per regular-ne l'ús (explicat més endavant).
- **Millora de la xarxa de distribució de calefacció i ACS:** Evitar al màxim les pèrdues de calor en el transport de l'aigua calenta pot estalviar un estalvi important en el consum d'energia. Un bon aïllament de les conductes és fonamental per assegurar això.

A més a més, es poden incorporar vàlvules termostàtiques als radiadors, les quals tancaran el pas d'aigua calenta quan s'arribi a una temperatura consigna. Aquestes accions són molt simples a l'hora de dur-les a terme i ajuden ràpidament a millorar l'eficiència de la instal·lació. També és convenient que els equips de regulació i control (interruptors, programadors o termòstats) siguin de fàcil accés i estiguin programats correctament.



- **Millora del rendiment en les instal·lacions d'il·luminació i d'altres equipament elèctric:** Aquest punt no s'analitzarà des del punt de vista de consum elèctric, que òbviament és important a l'hora de reduir el consum general d'un edifici, sinó des del punt de vista de càrrega tèrmica aportada pels elements elèctrics.  
Les lluminàries amb baix rendiment tendeixen a dissipar moltíssima calor la qual, després ha de ser dissipada en les èpoques càlides de l'any. És cert que els aularis no disposen de molta superfície refrigerada amb aparells d'aire condicionat, però en qualsevol cas és important reduir al màxim la contribució d'energia tèrmica per part dels elements que no estan destinats a aquesta finalitat.
- **Establir un control centralitzat que funcioni segons els horaris d'ocupació de cada zona de l'edifici:** Actualment ja existeix un control centralitzat per a la calefacció, però aquest s'hauria de poder ajustar més a cada espai segons si hi ha ocupació o no i segons quina és l'ocupació de l'aula en concret. Evitar aportar energia en excés és fonamental per reduir el consum dels edificis.

### 8.3.3 ENERGIES RENOVABLES

En aquest cas, la implementació d'energia solar tèrmica per a la reducció de consum de gas per a la generació d'ACS o bé la instal·lació d'energia solar fotovoltaica per produir electricitat, són alternatives molt a tenir en compte sempre i quan l'edifici permeti la implementació a nivell tècnic i econòmic. Pel cas dels aularis, s'ha vist que la implementació d'energia solar fotovoltaica seria possible, però que la seva aportació seria baixa.

### 8.4 MILLORES DE GESTIÓ I CONTROL

Per millores de gestió i control es volen incloure totes aquelles accions que poden beneficiar a les instal·lacions des d'un punt de vista passiu.

Es podrien monitoritzar els equips de forma continua, per tal de poder-ne fer un registre del seu comportament i adaptar-lo, en cas que fos necessari, a les necessitats de demanda reals.

També es podrien afegir sensors a les principals màquines per tal de registrar-ne el seu comportament (sensors de temperatura, sensors de vibracions, de desgast, de soroll, etc.). Aquesta mesura estaria enfocada en la implementació del manteniment predictiu, explicat anteriorment.

Una altra mesura interessant seria la d'instal·lar comptadors a cada un dels aparells principals per poder obtenir el registre de consum al SIRENA, ja que actualment, els consums que s'obtenen engloben el total de l'edifici i resulta impossible poder conèixer en què s'ha invertit l'energia consumida.

## 9. CONCLUSIONS

L'objecte final d'aquest treball era poder fer un estudi dels diferents sistemes de climatització que conformen els sis aularis del campus nord de la Universitat Politècnica de Catalunya. D'aquest anàlisi s'esperava obtenir un seguit de dades reals/empíriques amb les quals s'hagués plantejat una situació actual de l'estat de les instal·lacions, amb el fi de poder proposar millores que ajudin a la UPC a aconseguir els objectius marcats en el seu pla energètic [22].

A causa de les múltiples limitacions que s'han comentat a l'inici d'aquesta memòria, no s'ha pogut aconseguir un registre real de la situació en la que es troben els aularis. Ha mancant molta informació fonamental (informació específica de la maquinària (models, potències, pla de manteniment específic, registre de fallades més usuals, etc.). Per aquest motiu, el treball s'ha desviat a un marc més teòric.

S'han presentat els consums d'electricitat i de gas obtinguts a partir de la base de dades del SIRENA i del servei d'infraestructures respectivament. Amb aquestes dades s'ha fet un anàlisi comparatiu entre els aularis per tal de poder veure una similitud en els comportaments. Com s'ha comentat, els aularis presenten tendències semblants que segueixen la lògica esperada (elevats consums en èpoques fredes i baixos en períodes càlids). Malgrat tot, s'han trobat algunes dades irregulars per a aularis i mesos concrets, sobretot les dades de consum de gas, que no segueixen cap patró aparent.

S'han presentat un seguit de propostes de millora, de les quals en són destacables:

- La substitució de les calderes, per tal d'instal·lar models de condensació que resulten més eficients.
- Les millores passives per tal de reduir la demanda energètica i millorar l'envolupant tèrmica dels edificis.

S'ha descartat com a alternativa possible la instal·lació de plaques fotovoltaïques perquè, tot i que contribuirien en l'objectiu marcat per la UPC de generació renovable, l'aportació que generen no arriba, en la majoria de casos, al 10% del consum total.

També s'ha proposat una millora del manteniment actual de les instal·lacions, passant del model preventiu al predictiu. Això aportaria un estalvi en quant a reparacions i components i, el més important, asseguraria una vida útil de la maquinaria més prolongada sense deficiències a nivell de rendiment de la instal·lació.

Pel que fa al registre de dades, es proposa que es monitoritzin les dades de consum de gas i d'electricitat de tots els edificis, cosa que el SIRENA actualment no fa. També es proposa que les lectures es facin amb comptadors independents per tal de poder separar, dins la informació de consum total, a què es destina cada kWh d'energia (serveis comuns, il·luminació, electrodomèstics, refrigeració, etc.).

D'aquesta manera, es podria saber amb molta més precisió el que consumeix cada aparell connectat dins l'edifici. A més a més, en cas que s'hi fessin modificacions o canvis, es podria veure l'evolució de forma directe a través de l'aplicació del SIRENA.

Finalment, comentar que el consum d'energia general de la UPC s'està veient reduït, així com el de les seves emissions. Aquest fet es pot comprovar a l'informe del SIRENA referent a l'any 2019 [23].

Pel que fa al consum energètic total, la despesa s'ha vist reduïda un 8% respecte el 2018. El consum d'electricitat ha disminuït un 4%, el de gas natural un 14% i el de clima un 18% respecte l'any anterior. Les emissions també s'han vist reduïdes comparades amb l'any 2018, un total del 19%.

El present treball i les millores proposades pretenen contribuir amb la reducció del consum energètic dels aularis. En conseqüència, s'està incidint en la reducció de la demanda energètica i la generació d'emissions del total de la UPC, apropant-la als objectius especificats pel pla del 2020 de sostenibilitat energètica, establert per la pròpia Universitat.

## 10. BIBLIOGRAFIA

- [1]. Comissió Europea: “La directiva relativa a la eficiència energètica de los edificios”.  
[https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/buildings\\_performance\\_factsheet\\_es.pdf](https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/buildings_performance_factsheet_es.pdf)
- [2]. Comissió Europea: “Paquete de medidas sobre clima y energía hasta 2020”.  
[https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2020\\_es](https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2020_es)
- [3]. Universitat Politècnica de Catalunya: “Pla 2020 de sostenibilitat energètica”.  
<https://www.upc.edu/energia2020/ca>
- [4]. Bosch, M.; Rodríguez, I.; López, F.; Ruiz, G. (2006) *Avaluació energètica d'edificis*.  
Barcelona: Edicions UPC
- [5]. Rodriguez, Lorena. TFG Edifici C2 Campus Nord . Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona. [ consulta: 19 de abril de 2017]. Disponible en: formato CD Biblioteca EPSEB.
- [6]. Ingeniería y arquitectura para todos: “Evolución del consumo medio de energía en viviendas”.  
<http://ingenieriayarquitecturaparatodos.es/2014/02/evolucion-consumo-medio-energia-viviendas/>
- [7]. Ingeniería y arquitectura para todos: “Calificación energética en función de la Normativa de Construcción”.  
<http://ingenieriayarquitecturaparatodos.es/2014/04/calificacion-energetica-en-funcion-de-normativa/>
- [8]. Interempresas: “La definición de Edificio de Consumo de Energía casi Nulo”.

<https://www.interempresas.net/Instaladores/Articulos/265447-definicion-Edificio-Consumo-Energia-casi-Nulo-Documento-Basico-Ahorro-Energia-CTE-2019.html>

- [9]. Código Técnico de la Edificación. Documento de bases para la actualización del Documento Básico DB-HE. 2018.

<https://www.codigotecnico.org/index.php/menu-documentos-complementarios/353-documento-de-bases-dbhe.html>

- [10]. Weatherspark: “Clima promedio en Barcelona”.

<https://es.weatherspark.com/y/47213/Clima-promedio-en-Barcelona-España-durante-todo-el-año>

- [11]. Servei d'infraestructures de la UPC.

- [12]. Ingemecanica: “Guía para el cálculo de cargas térmicas en los edificios”.

<https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn255.html>

- [13]. Documento Básico HE: Ahorro de Energía.

- [14]. CTE: “Prontuario de soluciones constructivas”.

<http://cte-web.iccl.es/materiales.php?a=10>

- [15]. Programa SIRENA de la UPC.

<https://sirenaupc.app.dexma.com/dashboard/widgets.htm>

- [16]. Clysema: “El mantenimiento, factor clave para ahorrar energía”.

<https://clysema.com/mejora-del-mantenimiento/>

- [17]. IDAE: “Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios”.

<https://www.idae.es/tecnologias/eficiencia-energetica/edificacion/reglamento-de-instalaciones-termicas-de-los-edificios>

- [18]. IDAE: “Instalaciones de Energía Solar Fotovoltaica Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red”.

[https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos\\_5654\\_FV\\_pliego\\_condiciones\\_tecnicas\\_instalaciones\\_conectadas\\_a\\_red\\_C20\\_Julio\\_2011\\_3498eaaf.pdf](https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_5654_FV_pliego_condiciones_tecnicas_instalaciones_conectadas_a_red_C20_Julio_2011_3498eaaf.pdf)

- [19]. AXITEC

[https://www.axitecsolar.com/data/solarpanels\\_documents/DB\\_72zlg\\_poly\\_power\\_MiA\\_ES.pdf](https://www.axitecsolar.com/data/solarpanels_documents/DB_72zlg_poly_power_MiA_ES.pdf)

- [20]. MasaGas: “Diferencias entre caldera tradicional y de condensación”.

<https://www.masagas.com/2016/10/06/en-que-se-diferencian-una-caldera-de-condensacion-y-una-caldera-tradicional/>

- [21]. VIESSMAN: “Especificacions tècniques caldera CGB-100”.

[http://www.sietehermanos.com/WebRoot/Master/Shops/Cobber/MediaGallery/Documents/Wolf/FICHATECNICA\\_CGB100.pdf](http://www.sietehermanos.com/WebRoot/Master/Shops/Cobber/MediaGallery/Documents/Wolf/FICHATECNICA_CGB100.pdf)

- [22]. UPC Energia 2020: “Pla de sostenibilitat energètica”.

<https://www.upc.edu/energia2020/ca>

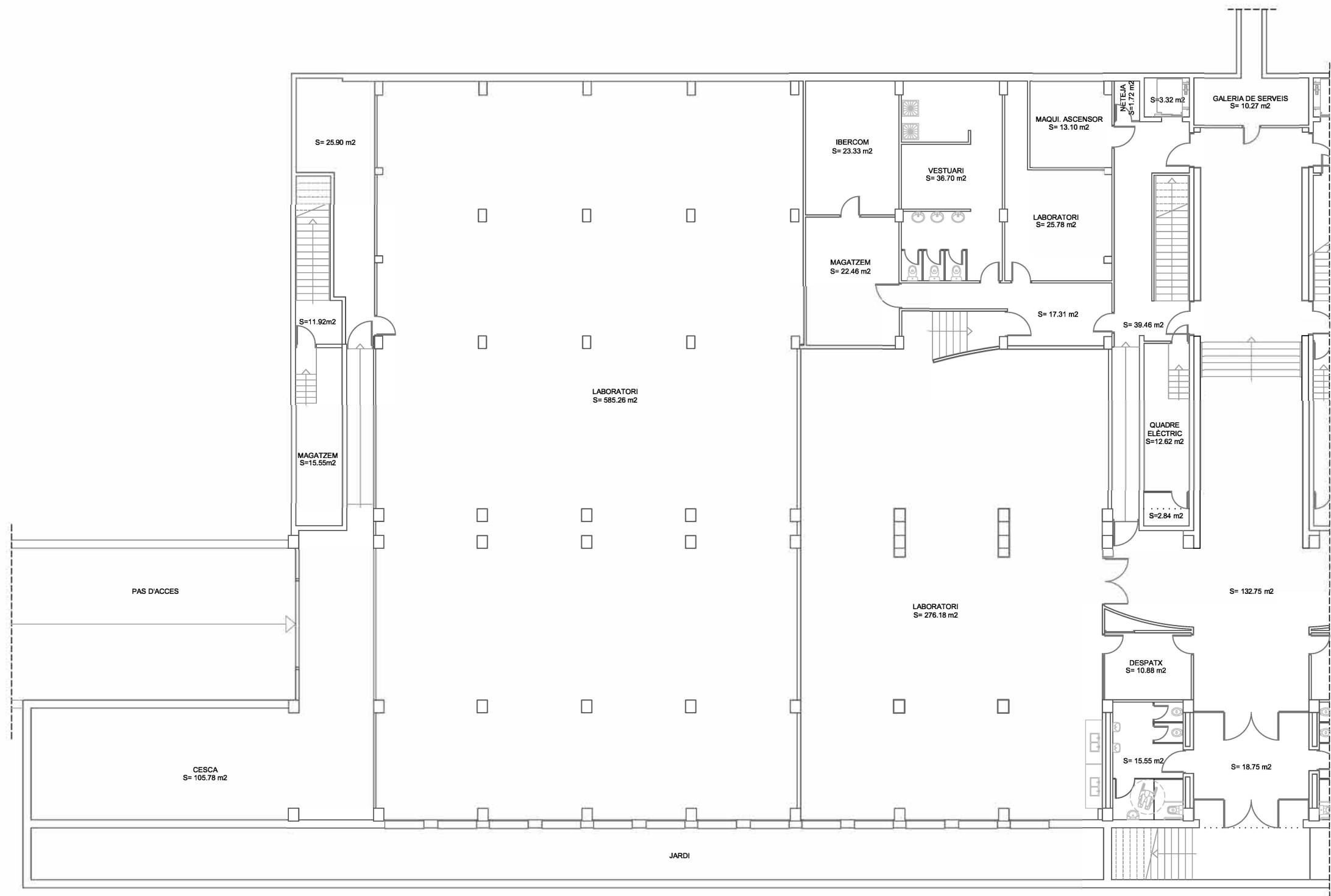
- [23]. UPC Energia 2020: “Informe SIRENA 2019”.

<https://www.upc.edu/energia2020/ca/noticies/informe-sirena-2019-avaluacio-del-consum-d2019energia-i-aigua-de-la-upc>

## 11. ANNEX A: PLÀNOLS DELS AULARIS

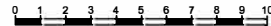
Es presenten el conjunt de plànols dels 6 aularis del campus nord de la UPC.





Servei d'Infraestructures  
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Escala 1/200



Data

ABRIL 18

Cod. Ed.

A1

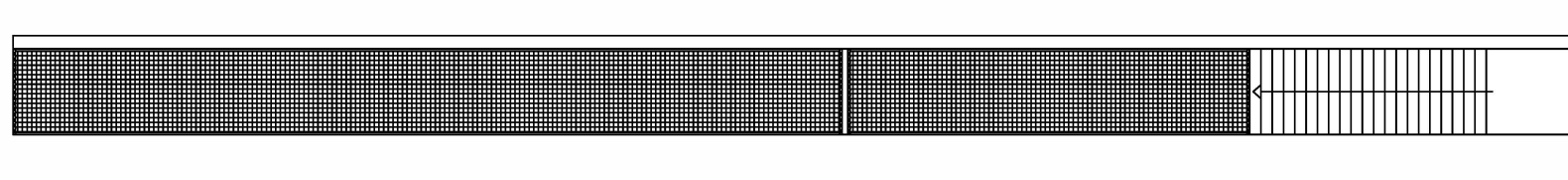
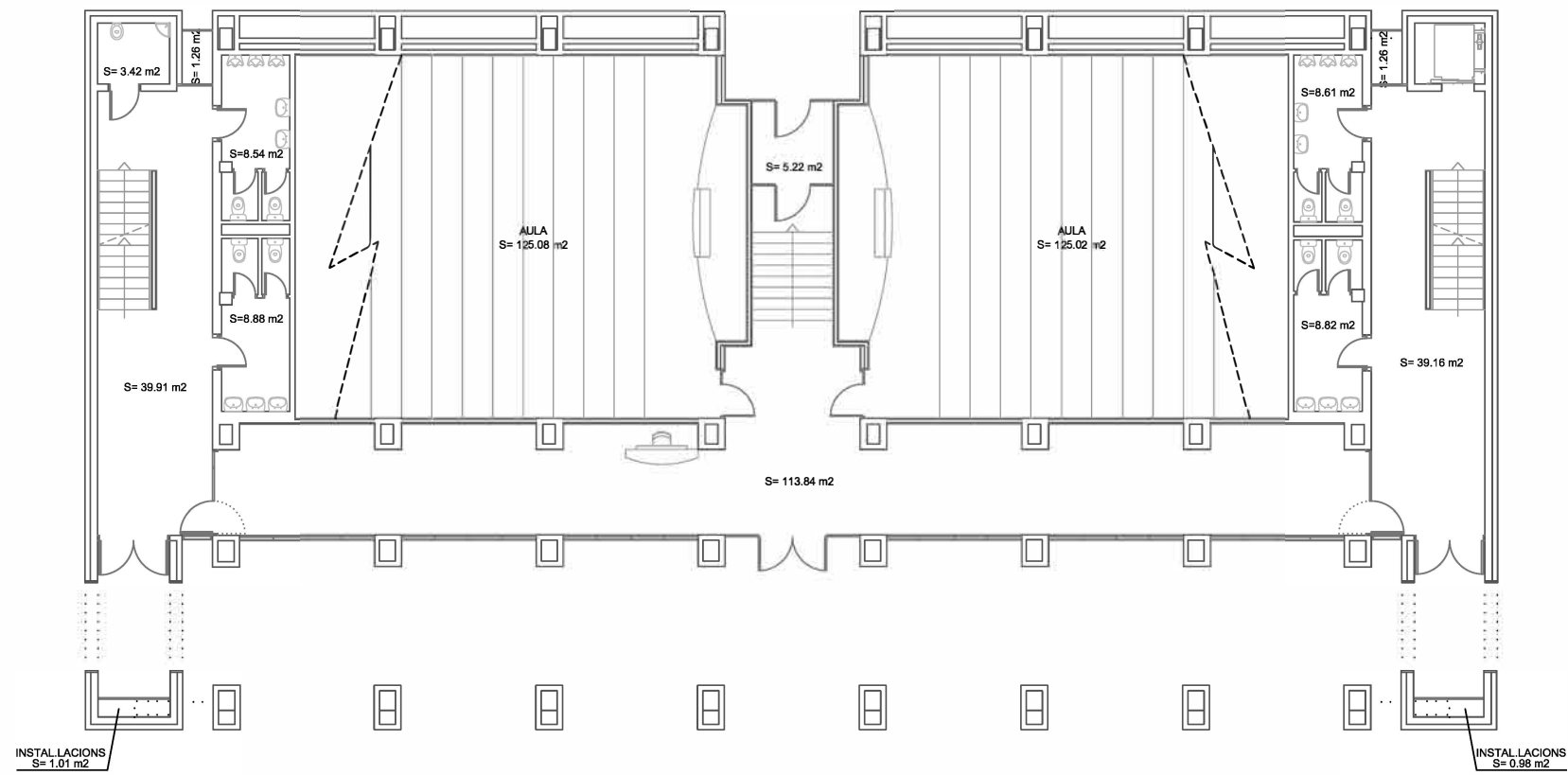
AULARI


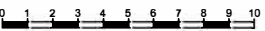
Plànol

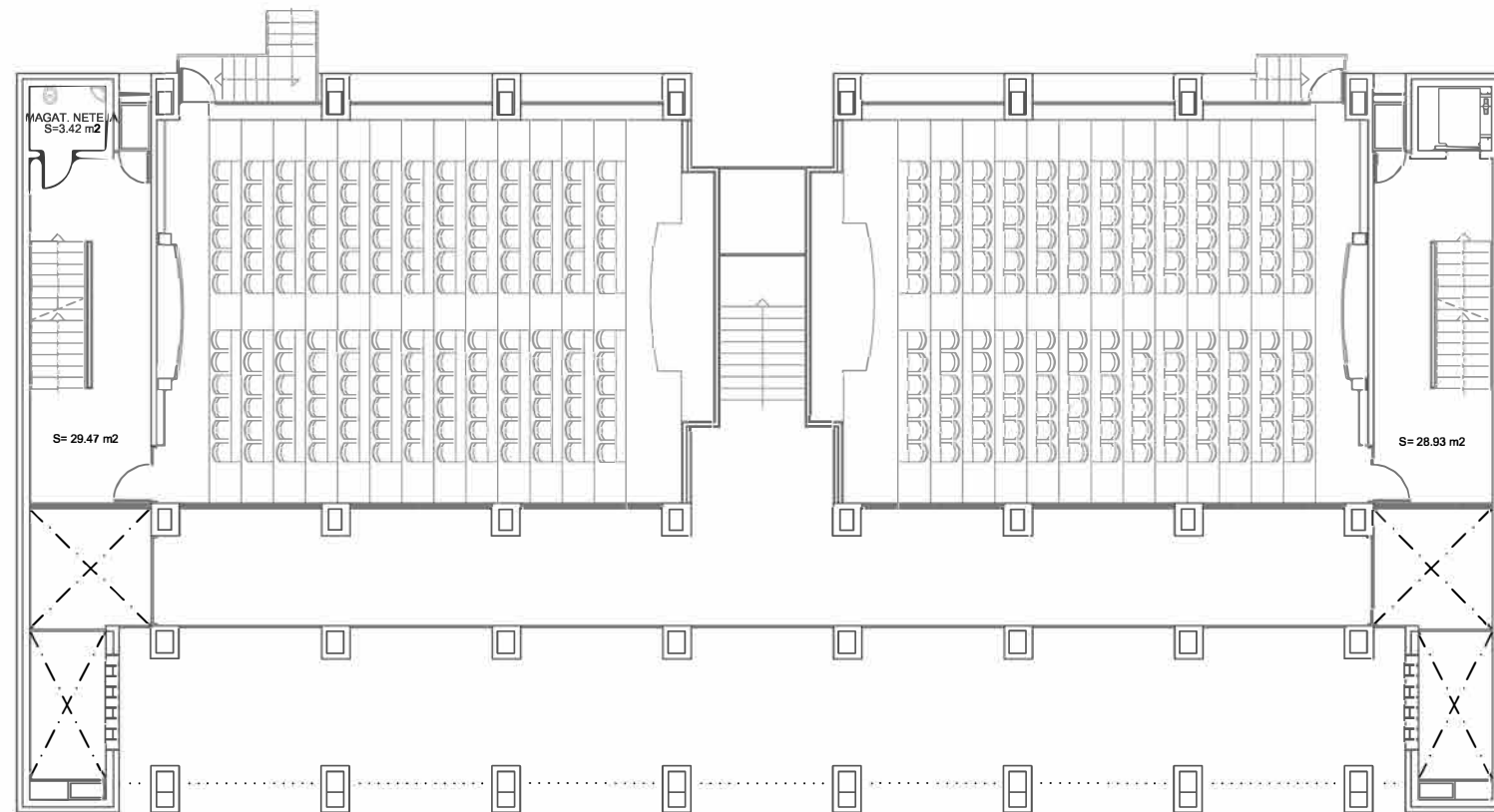
PLANTA S1


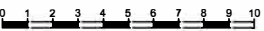
Núm.

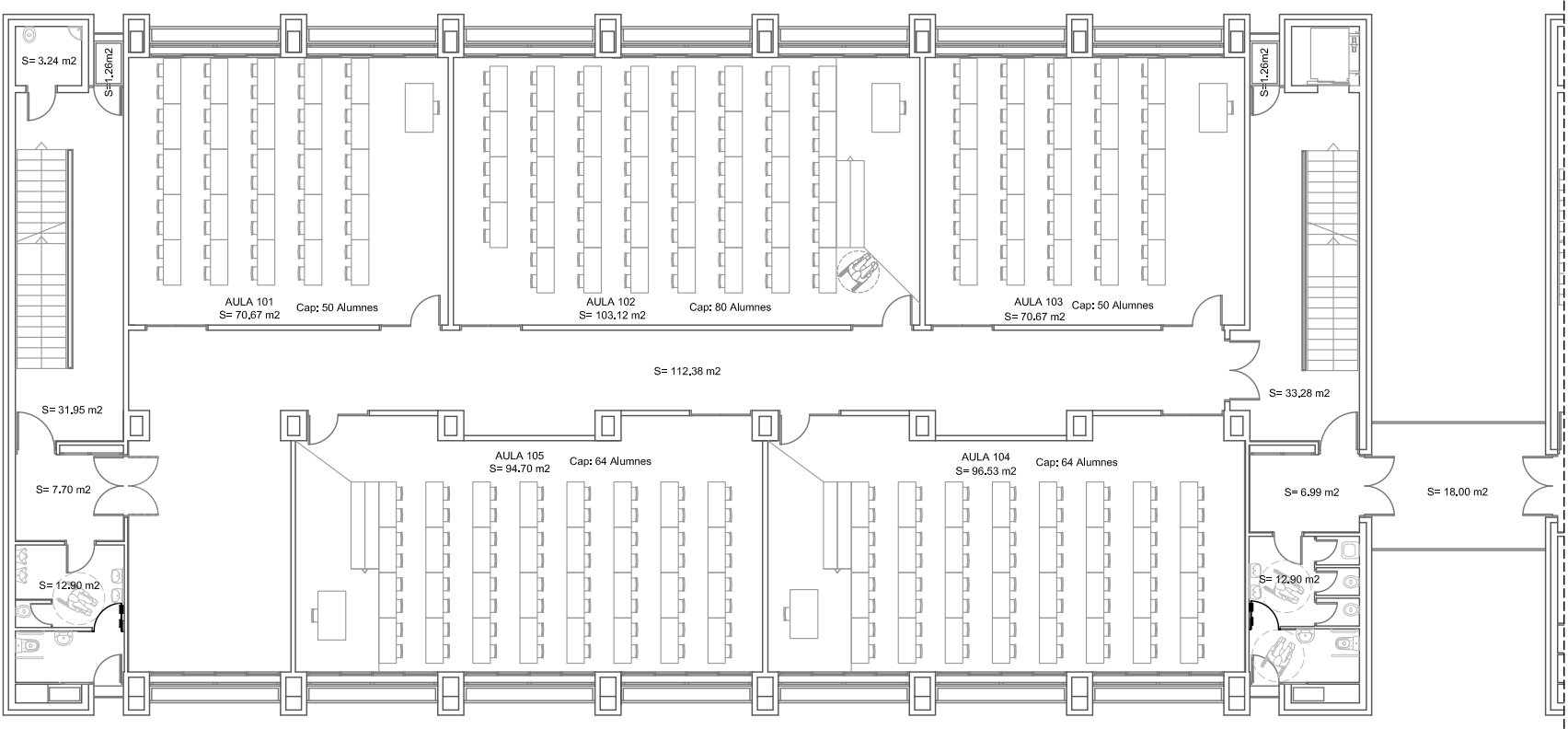
0.02





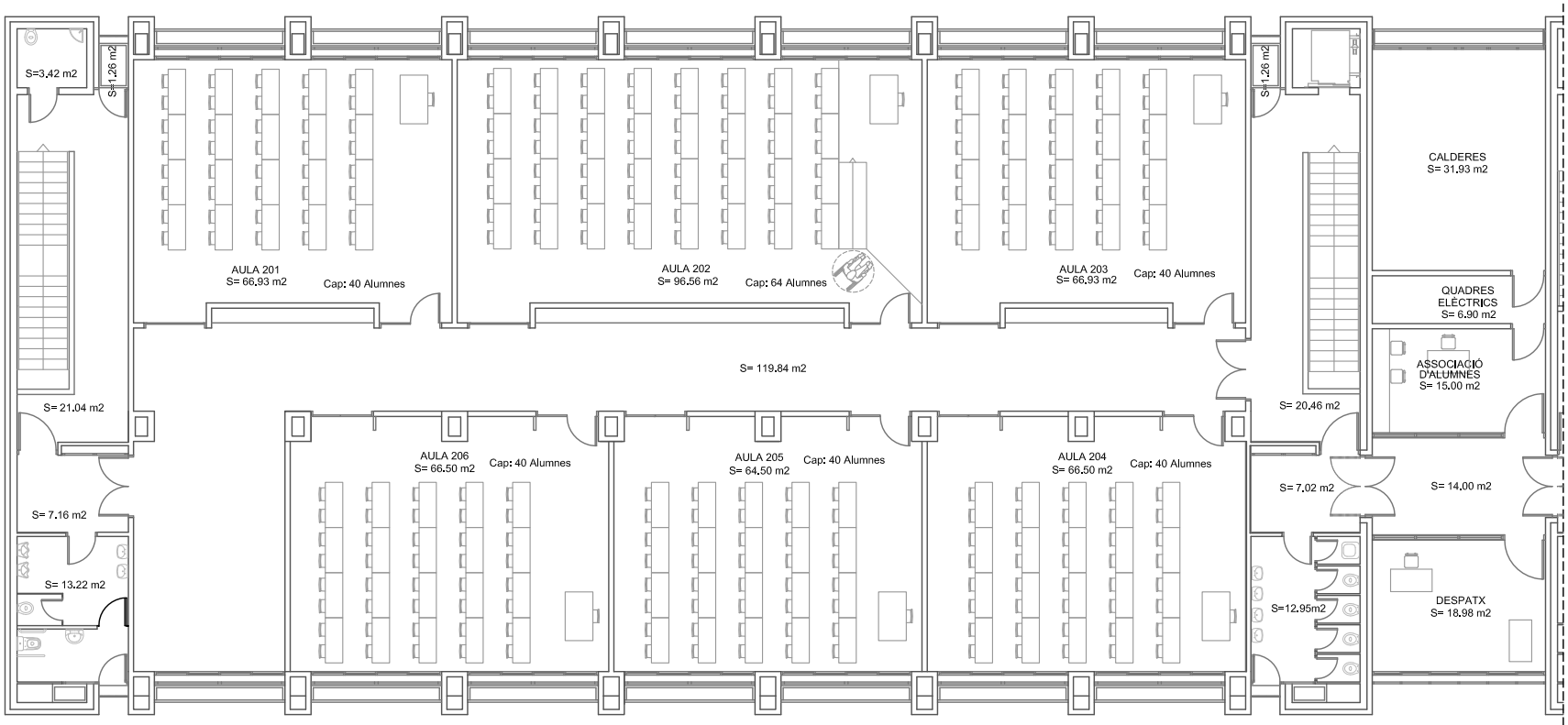
 <b>Servei d'Infraestructures</b> UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA	Escala 1/200 	Data ABRIL 18	Cod. Ed. A1
	AULARI	Plànol PLANTA 0	Núm. 0.03


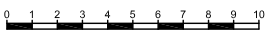


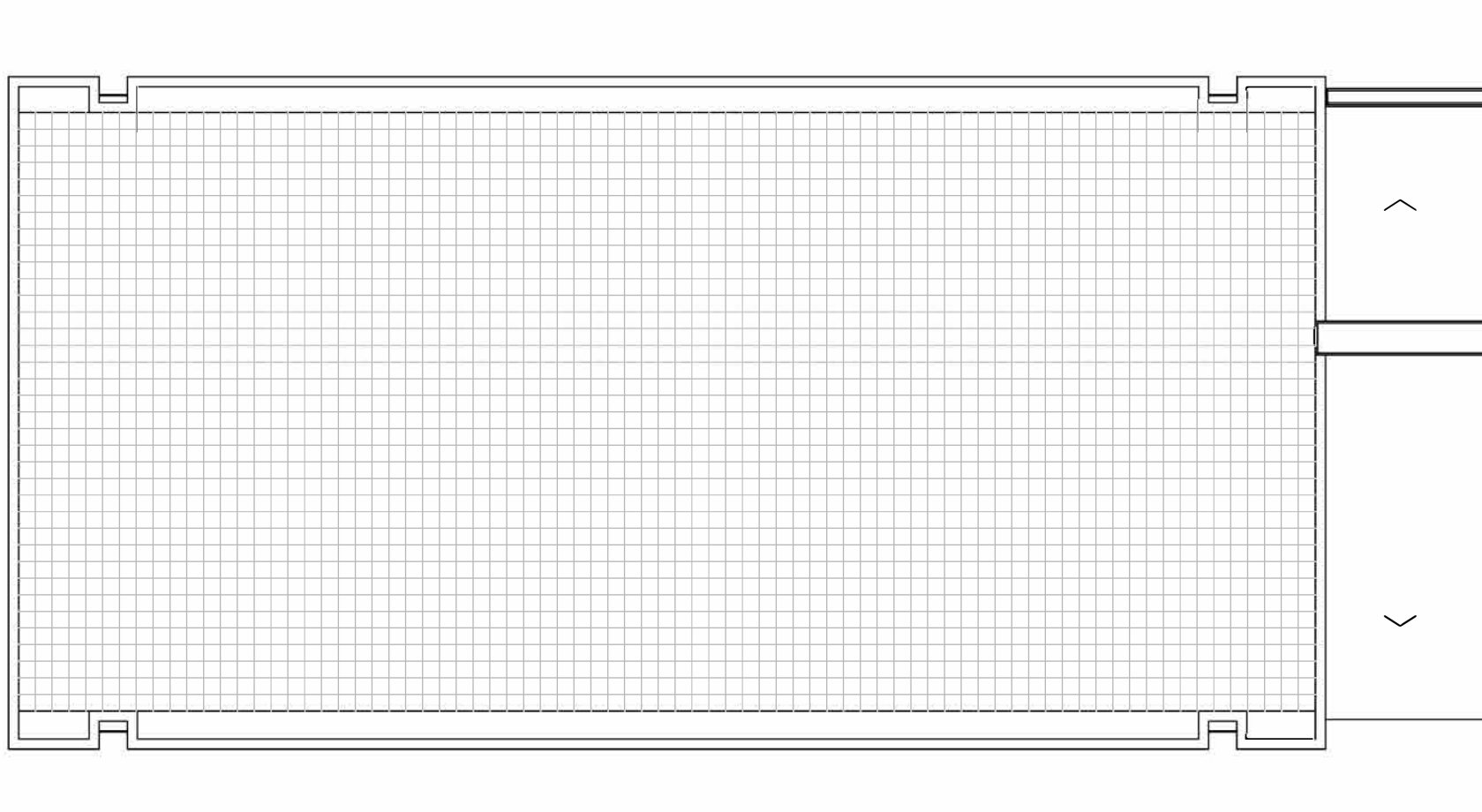
 <b>Servei d'Infraestructures</b> UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA	Escala 1/200 	Data ABRIL 18	Cod. Ed. A1
	AULARI	Plànol PLANTA ENTRESOL	Núm. 0.04





 <div>Servei d'Infraestructures UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div>	Escala 1/200 		Data ABRIL 18	Cod. Ed. A1
	AULARI	Plànol PLANTA 1		Núm. 0.05



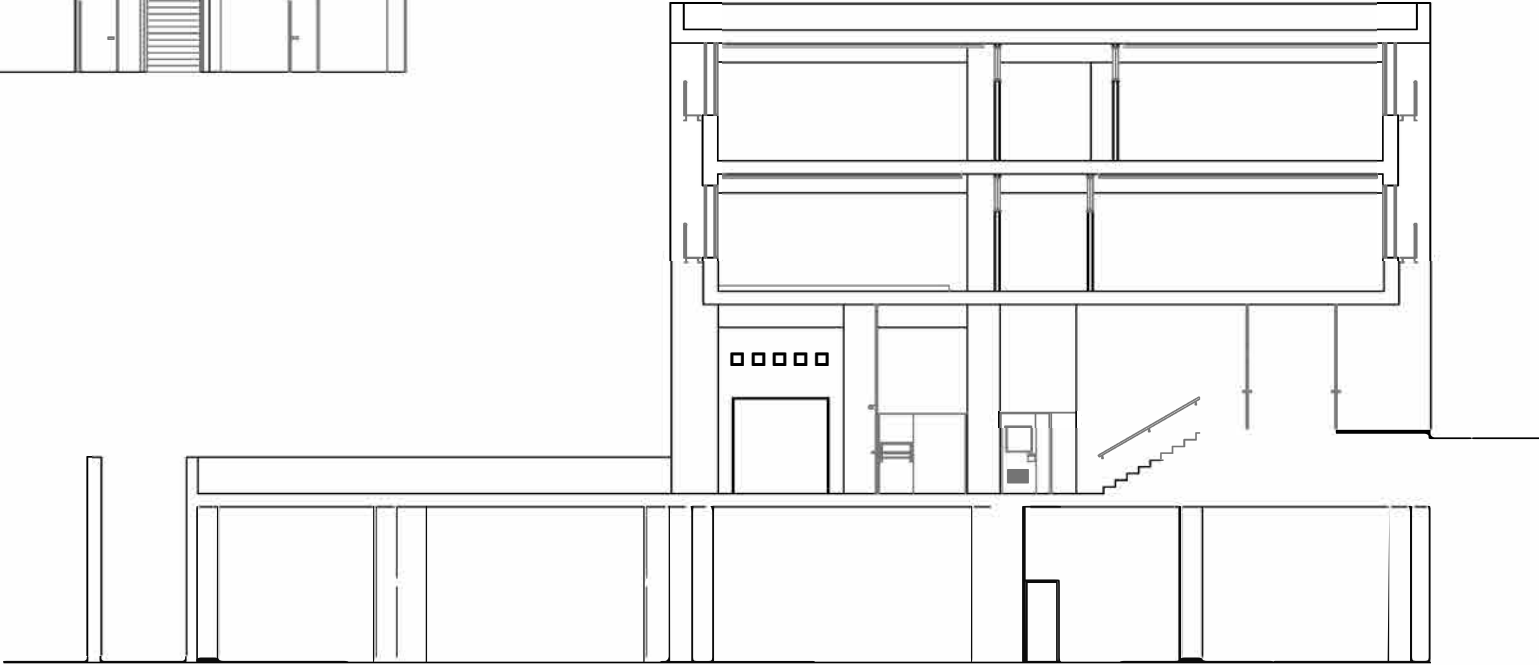
 <div>Servei d'Infraestructures UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div>	Escala 1/200 		Data ABRIL 18	Cod. Ed. A1
	AULARI	Plànol PLANTA 2		Núm. 0.06



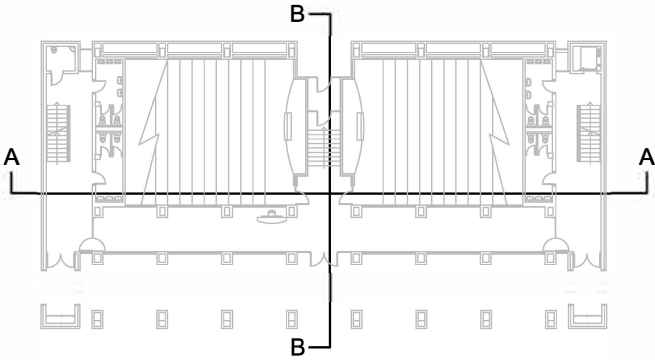
 <div>Servei d'Infraestructures UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div>	Escala 1/200 		Data ABRIL 18	Cod. Ed. A1
	AULARI		Plànol PLANTA COBERTA	Núm. 0.07





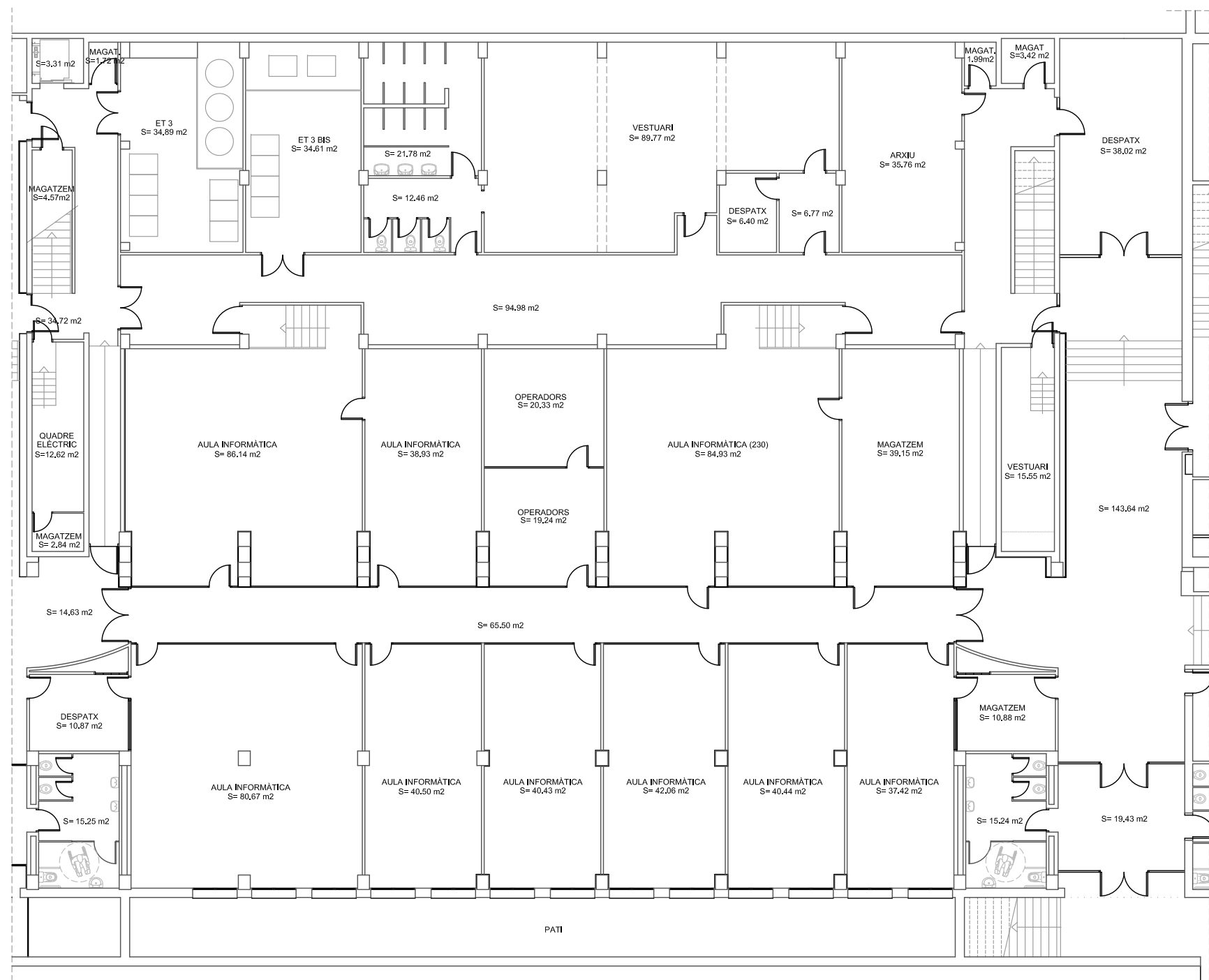
SECCIÓ A - A



SECCIÓ B - B



 <div>Servei d'Infraestructures UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div>	Escala 1/200 	Data ABRIL 18	Cod. Ed. A1
	AULARI	Plànol SECCIONS A i B	Núm. 2.01



Servei d'Infraestructures  
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Escala 1/200



Data  
NOVEMBRE 19

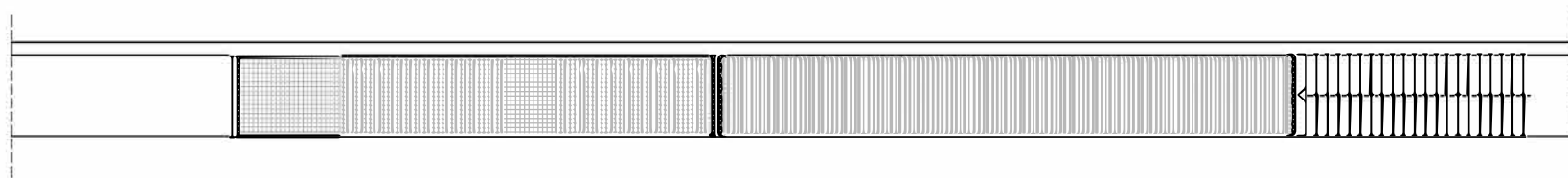
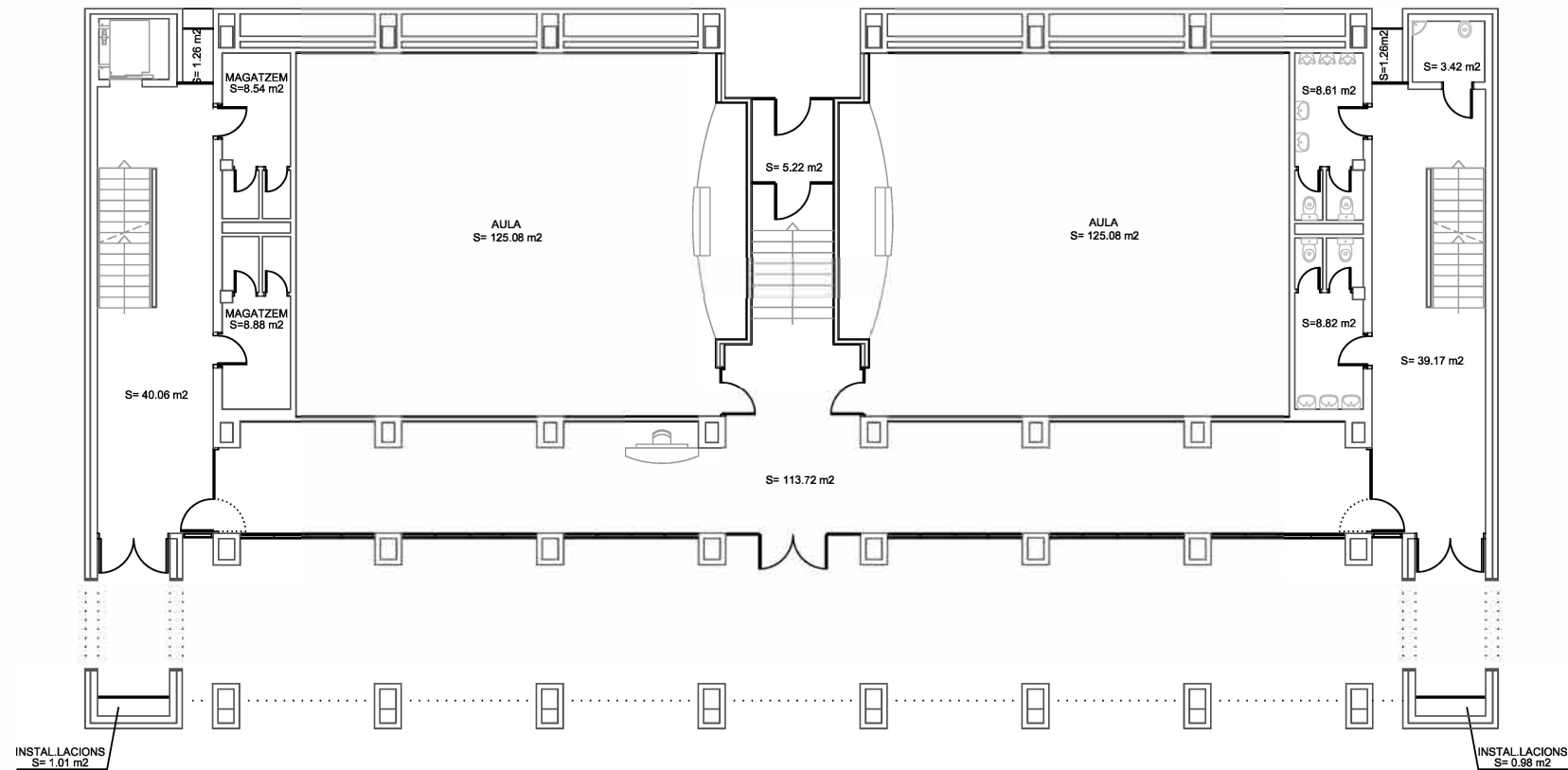
Cod. Ed.  
A2


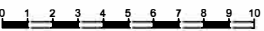
AULARI

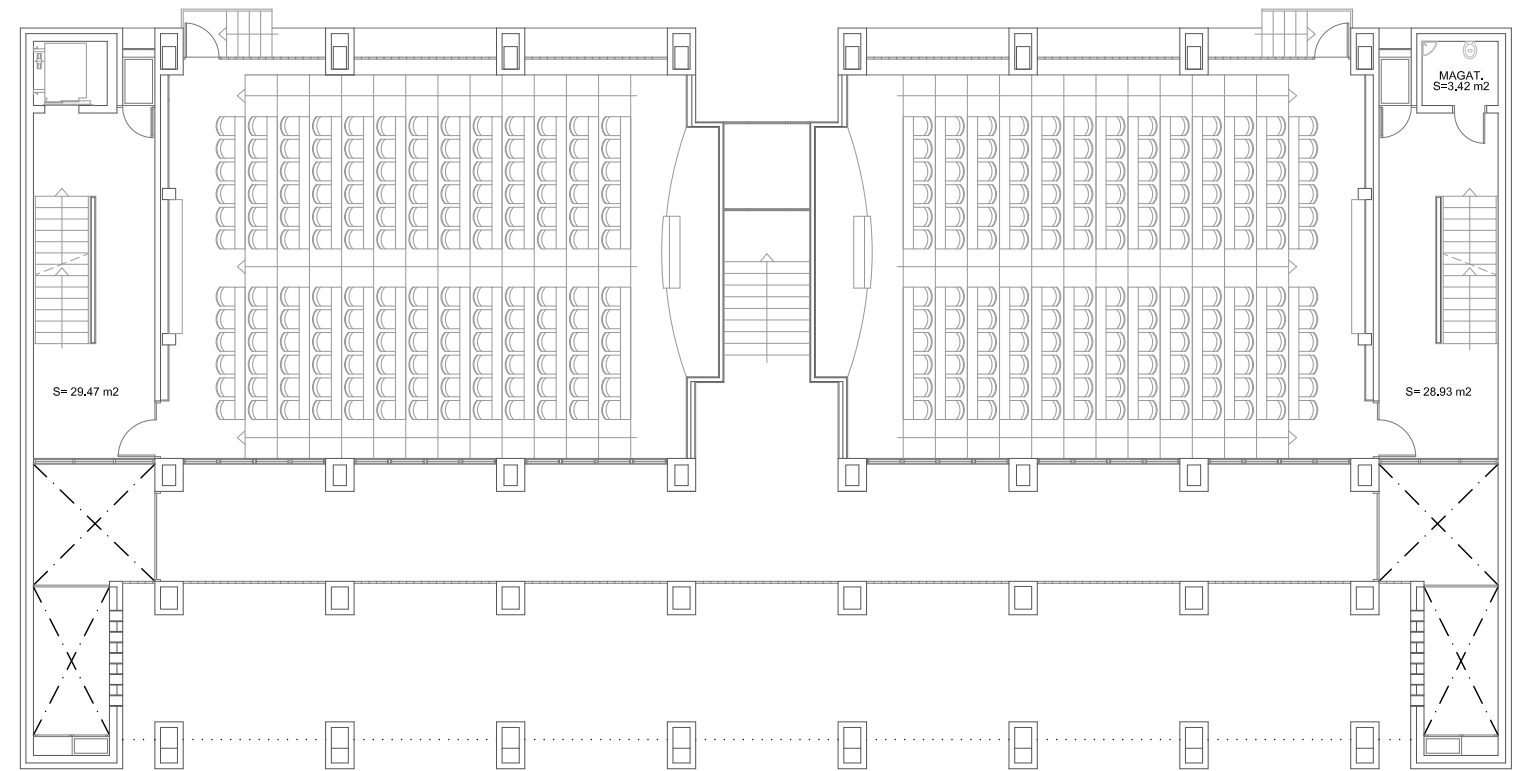
Plànol  
PLANTA S1

Núm.  
0.02





 <b>Servei d'Infraestructures</b> UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA	Escala 1/200 	Data ABRIL 18	Cod. Ed. A2
	AULARI	Plànol PLANTA 0	Núm. 0.03



Servei d'Infraestructures  
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Escala 1/200



Data

ABRIL 18

Cod. Ed.

A2

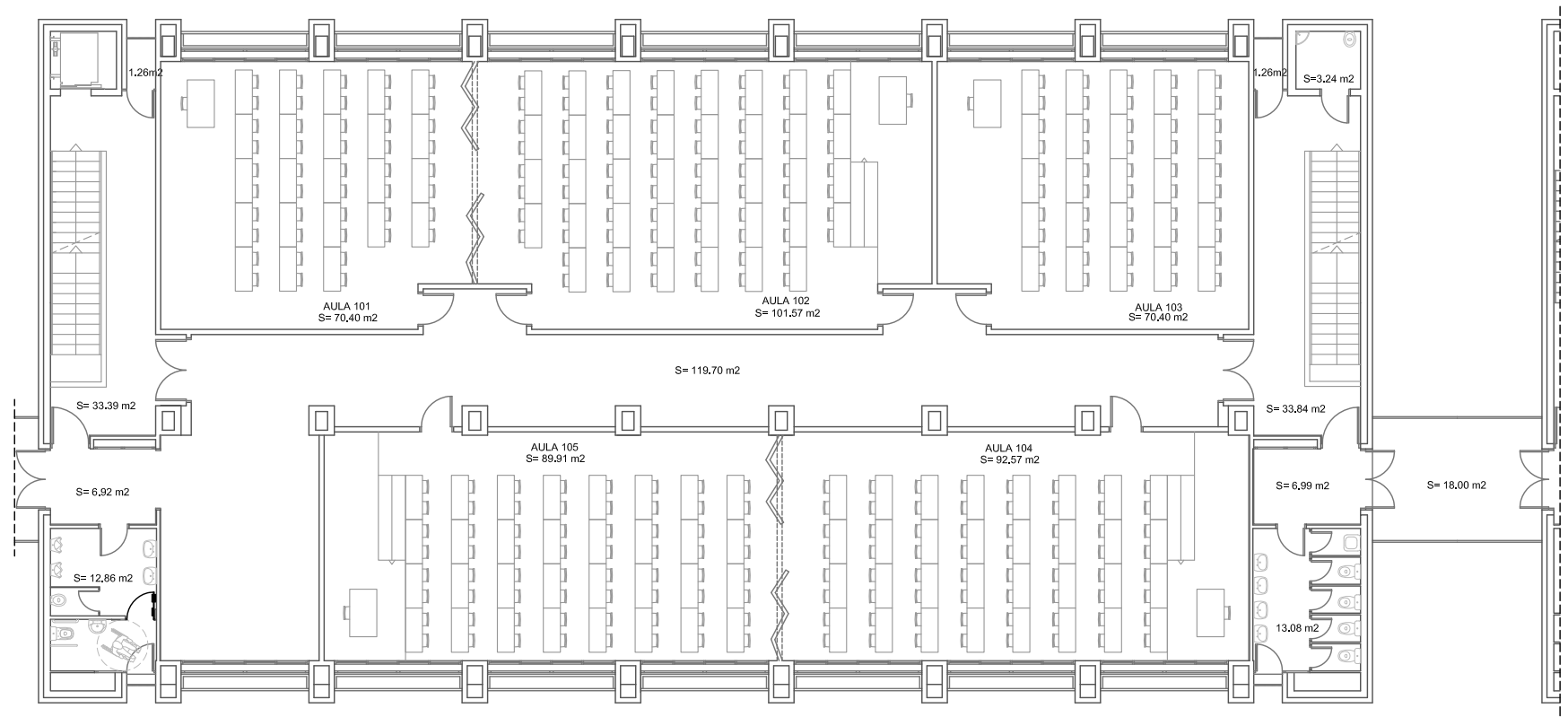
AULARI

Plànol

PLANTA ENTRESOL

Núm.

0.04



Servei d'Infraestructures  
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Escala 1/200



Data

ABRIL 18

Cod. Ed.

A2

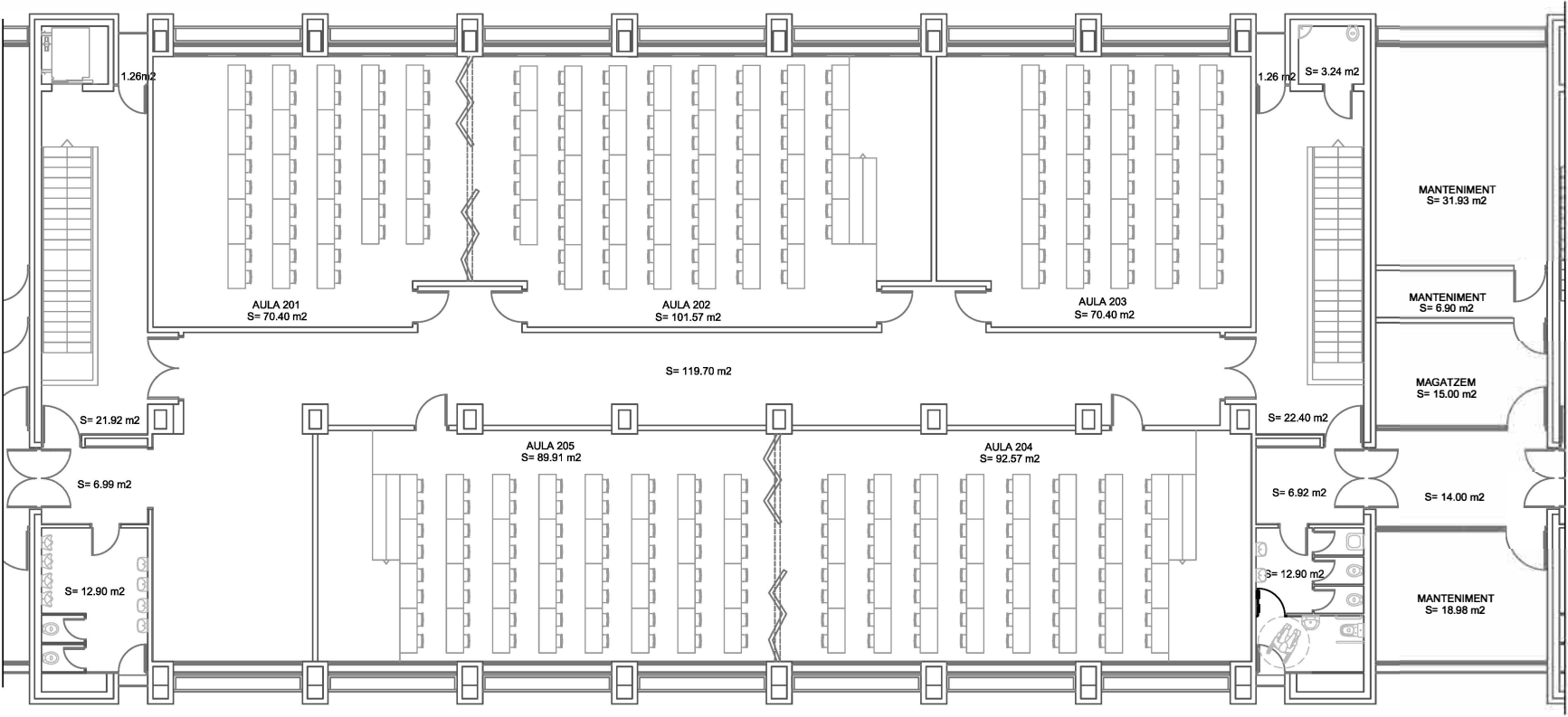
AULARI


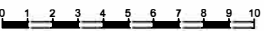
Plànol

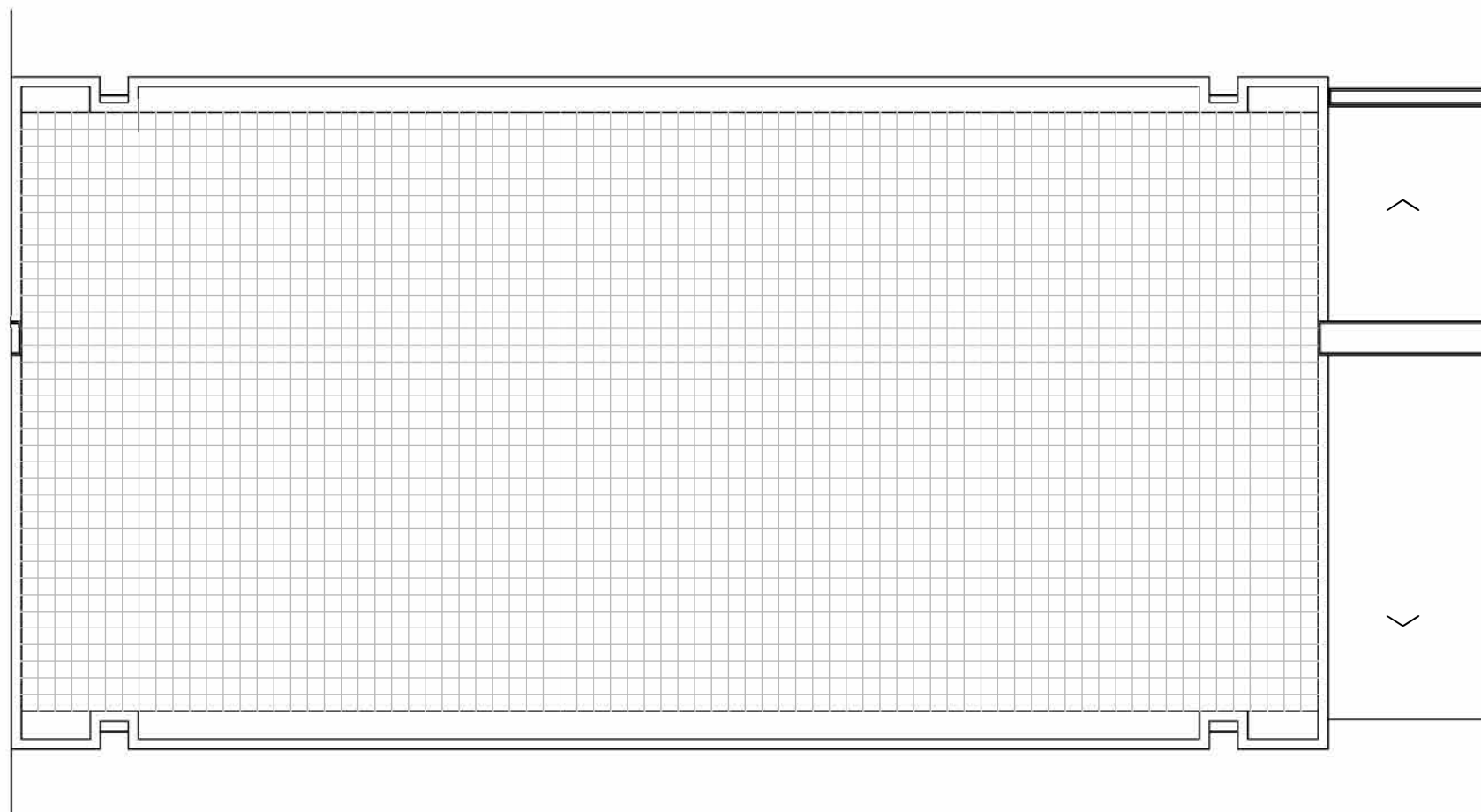
PLANTA 1


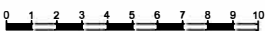
Núm.

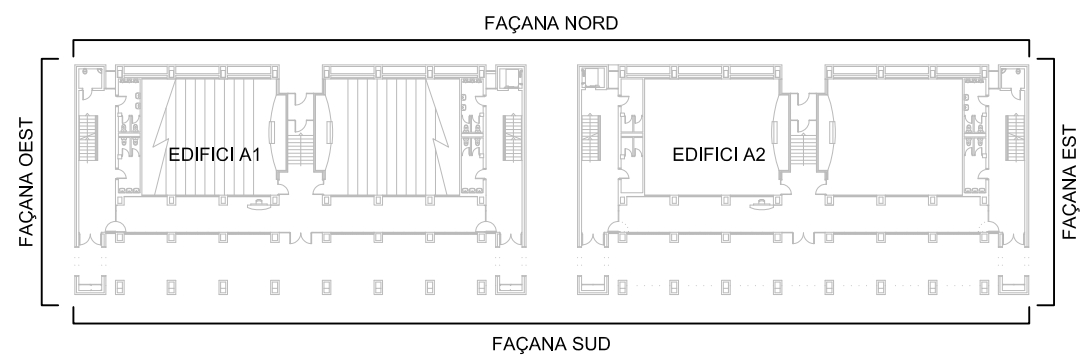
0.05





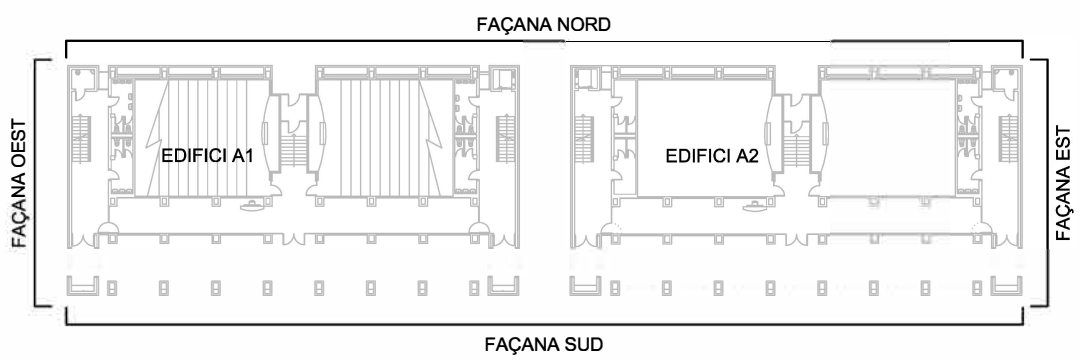
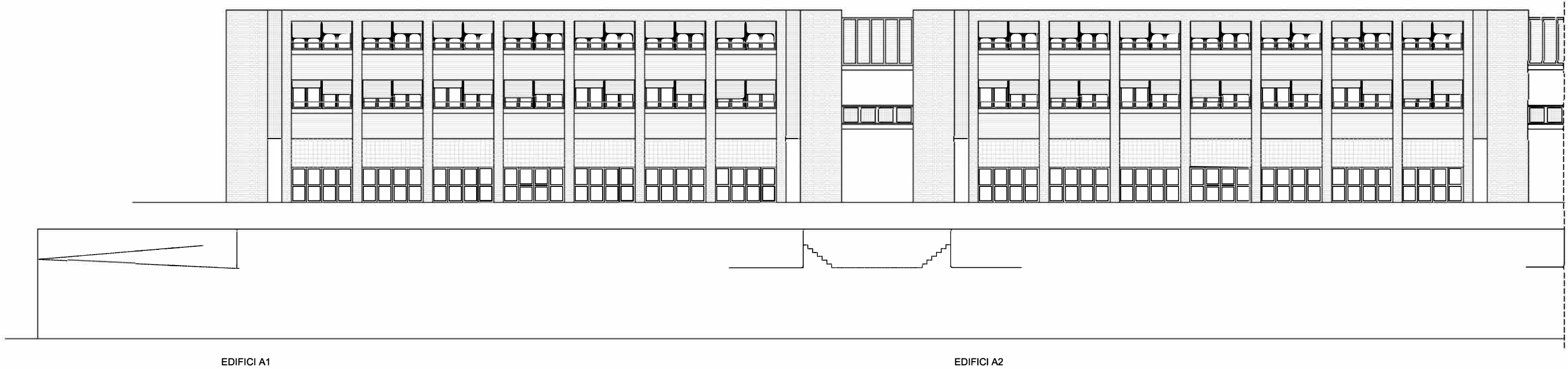
 <div>Servei d'Infraestructures UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div>	Escala 1/200 	Data ABRIL 18	Cod. Ed. A2
		Plànol PLANTA 2	Núm. 0.06




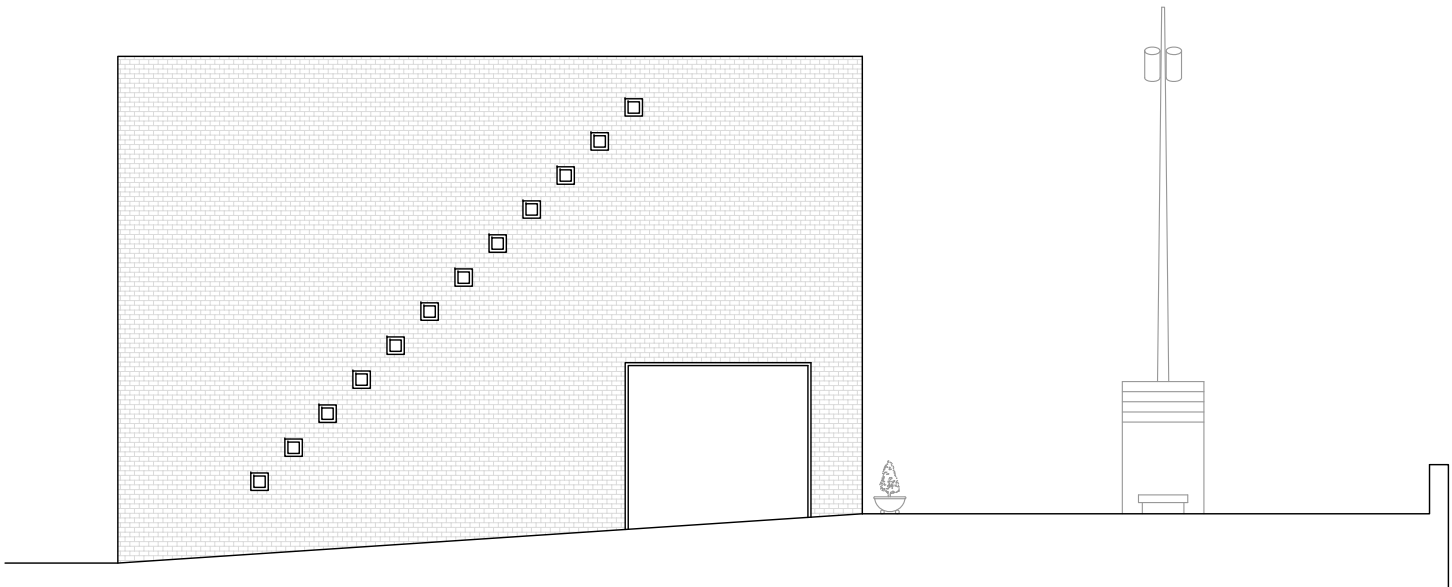
 <div>Servei d'Infraestructures UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div>	Escala 1/200 		Data ABRIL 18	Cod. Ed. A2
	AULARI		Plànol PLANTA COBERTA	Núm. 0.07



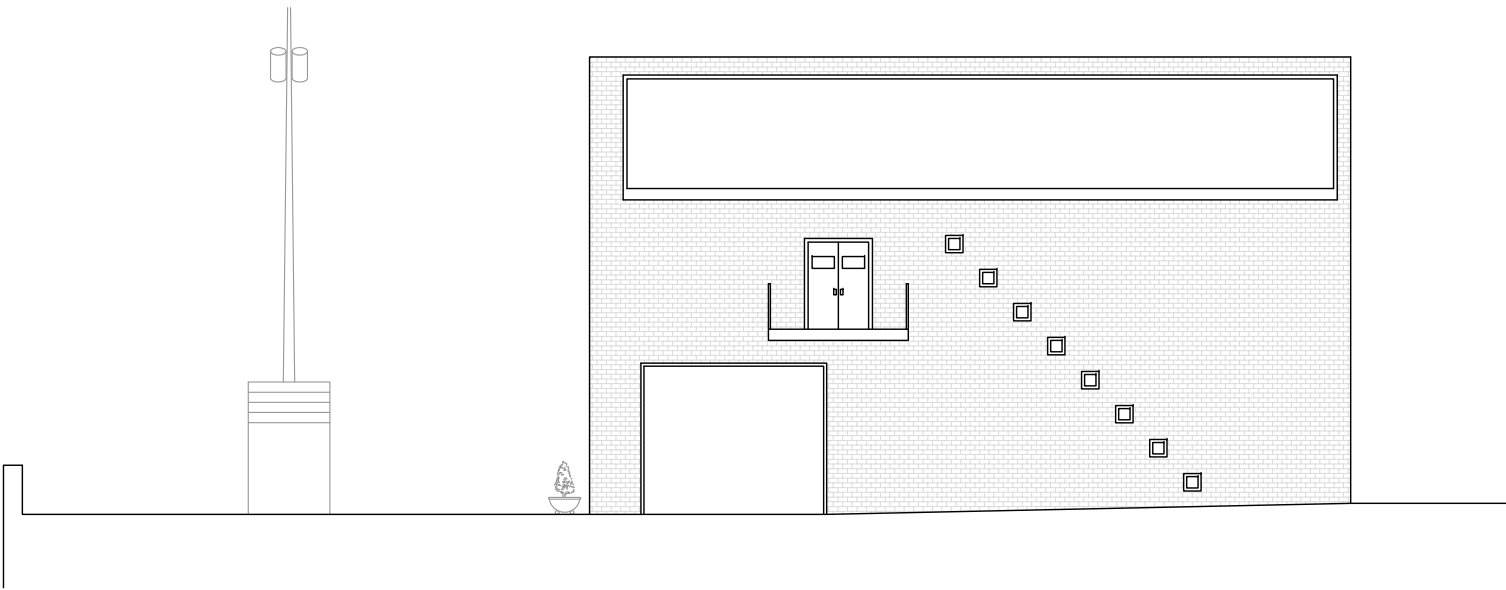
 <div>Servei d'Infraestructures UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div>	<div>Escala 1/250</div> 	Data	Cod. Ed.	
		ABRIL 18	A1 - A2	
AULARIS		Plànol	Núm.	
		FAÇANA NORD	1.01	



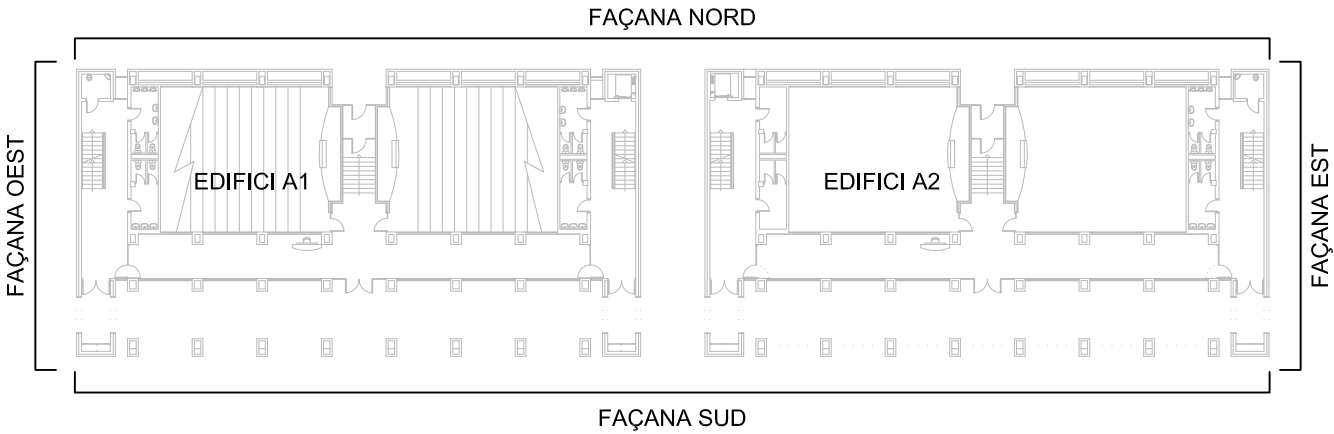
 <div>Servei d'Infraestructures UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div>	<div>Escala 1/250</div> 	Data	Cod. Ed.
		ABRIL 18	A1 - A2
AULARIS	Plànol FAÇANA SUD		Núm. 1.02





EDIFICI A1 - FAÇANA OEST



EDIFICI A2 - FAÇANA EST

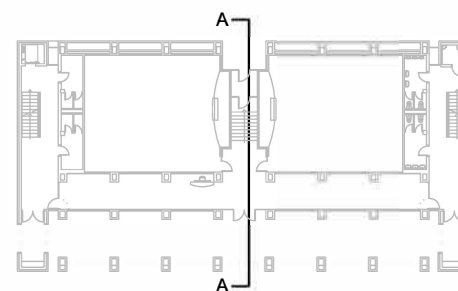



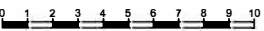
 <div>Servei d'Infraestructures UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div>	Escala 1/200 	Data ABRIL 18	Cod. Ed. A1 - A2
	Plànol FAÇANES EST I OEST		Núm. 1.03
AULARIS			





SECCIÓ A - A

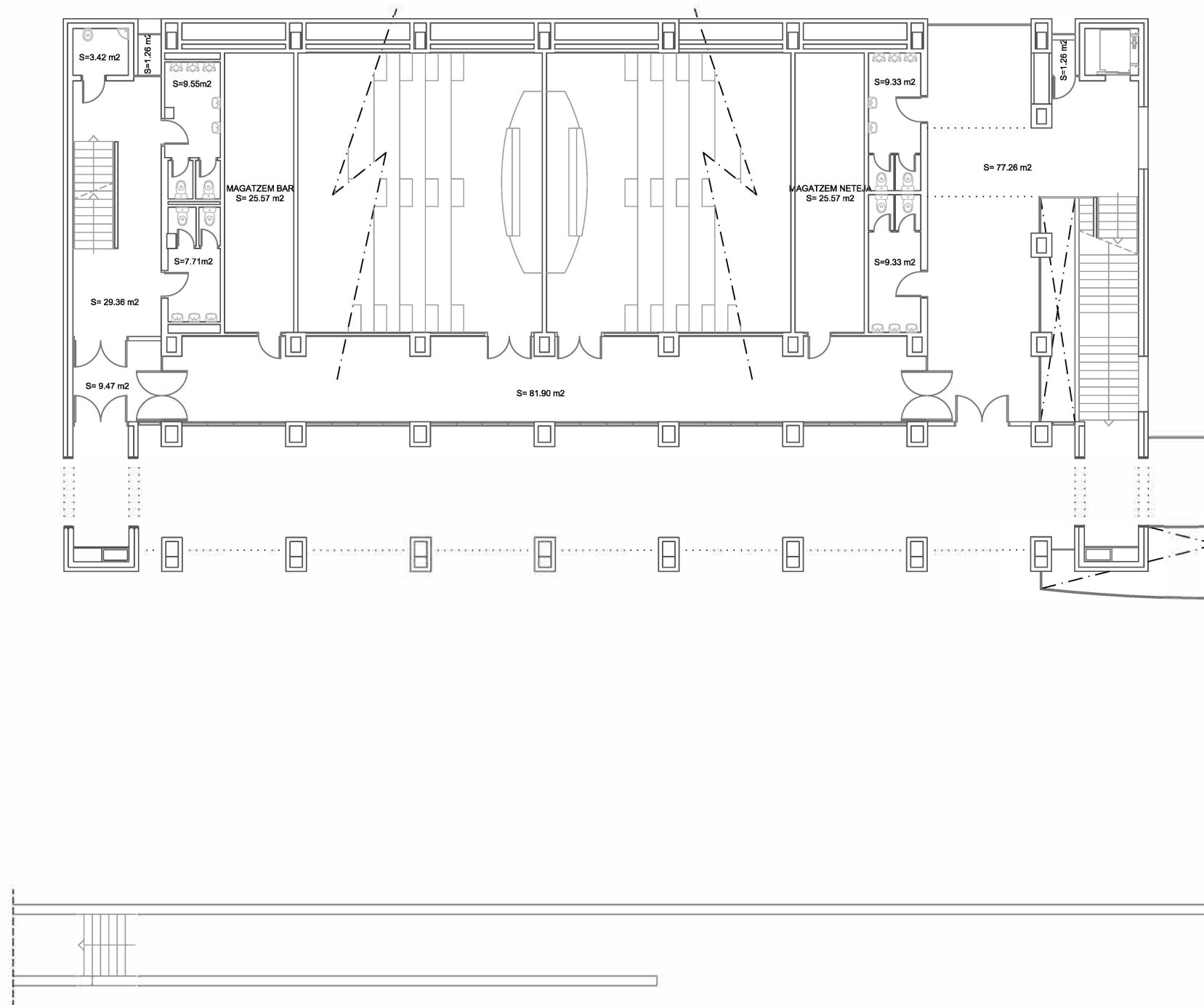



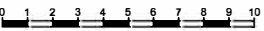
 <b>Servei d'Infraestructures</b> UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA	Escala 1/200 	Data ABRIL 18	Cod. Ed. A2
	AULARI	Plànol SECCIÓ A	Núm. 2.01

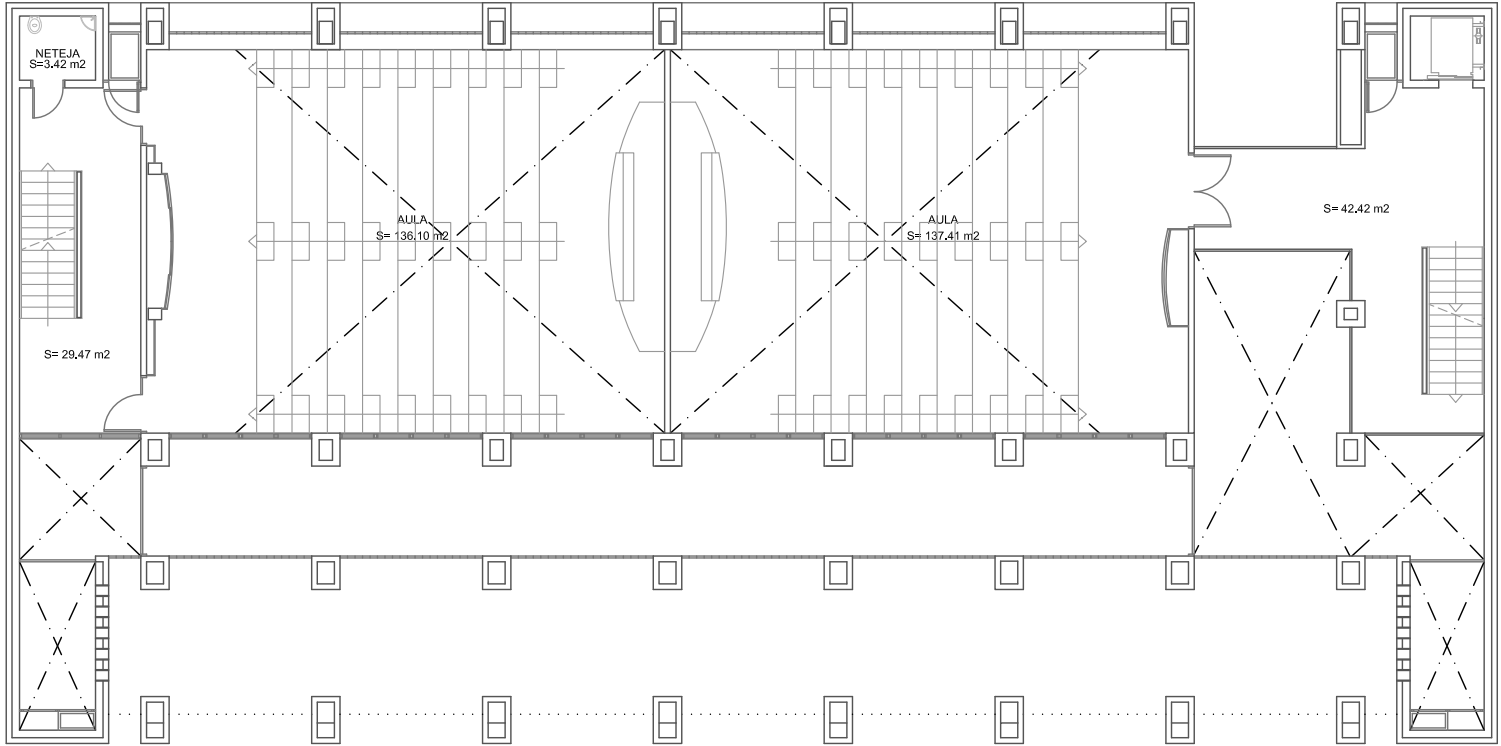




A3

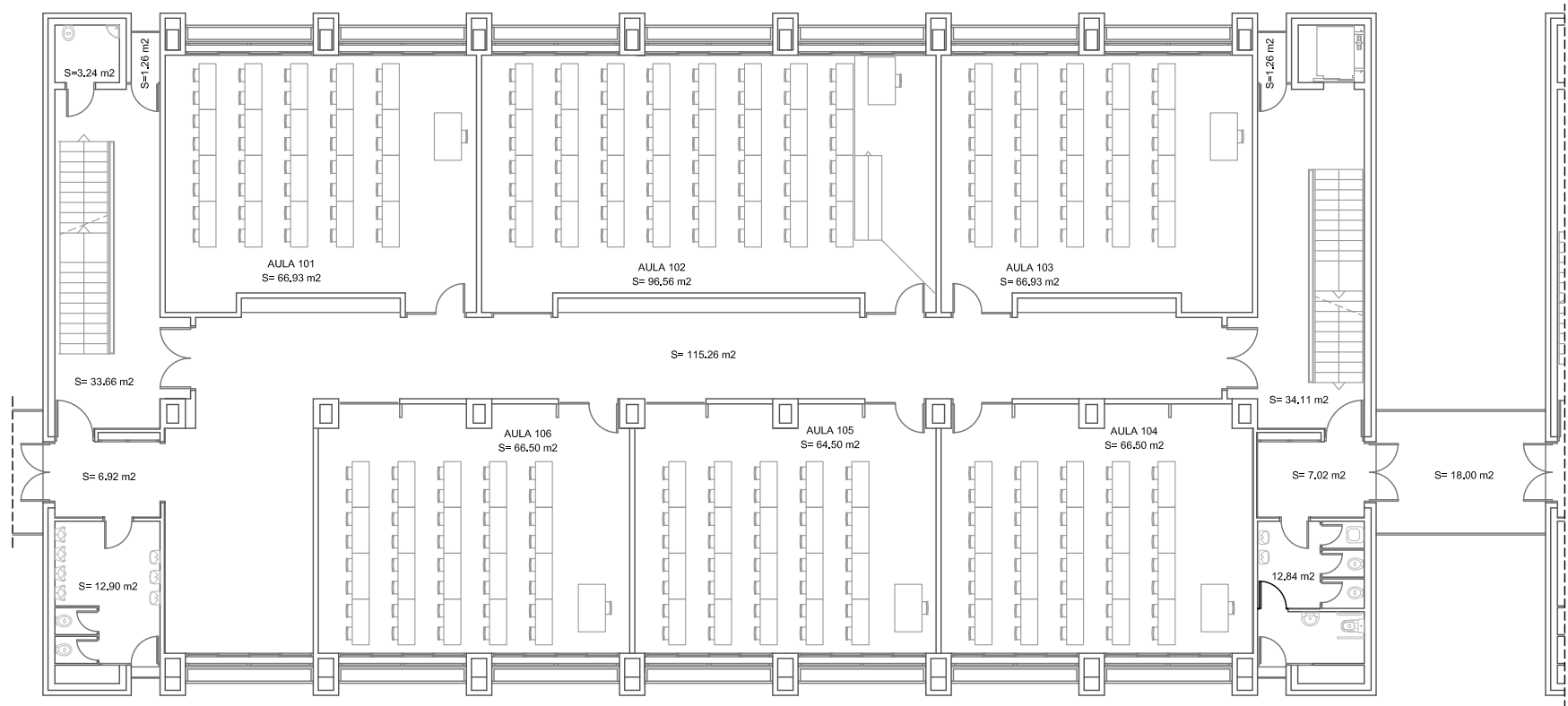
0.02



 <b>Servei d'Infraestructures</b> UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA	Escala 1/200 	Data ABRIL 18	Cod. Ed. A3
		Plànol PLANTA 0	Núm. 0.03



 <div>Servei d'Infraestructures UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div>	Escala 1/200 	Data	Cod. Ed.
		ABRIL 18	A3
AULARI	Plànol PLANTA ENTRESOL		Núm. 0.04



Servei d'Infraestructures  
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Escala 1/200



Data

ABRIL 18

Cod. Ed.

A3

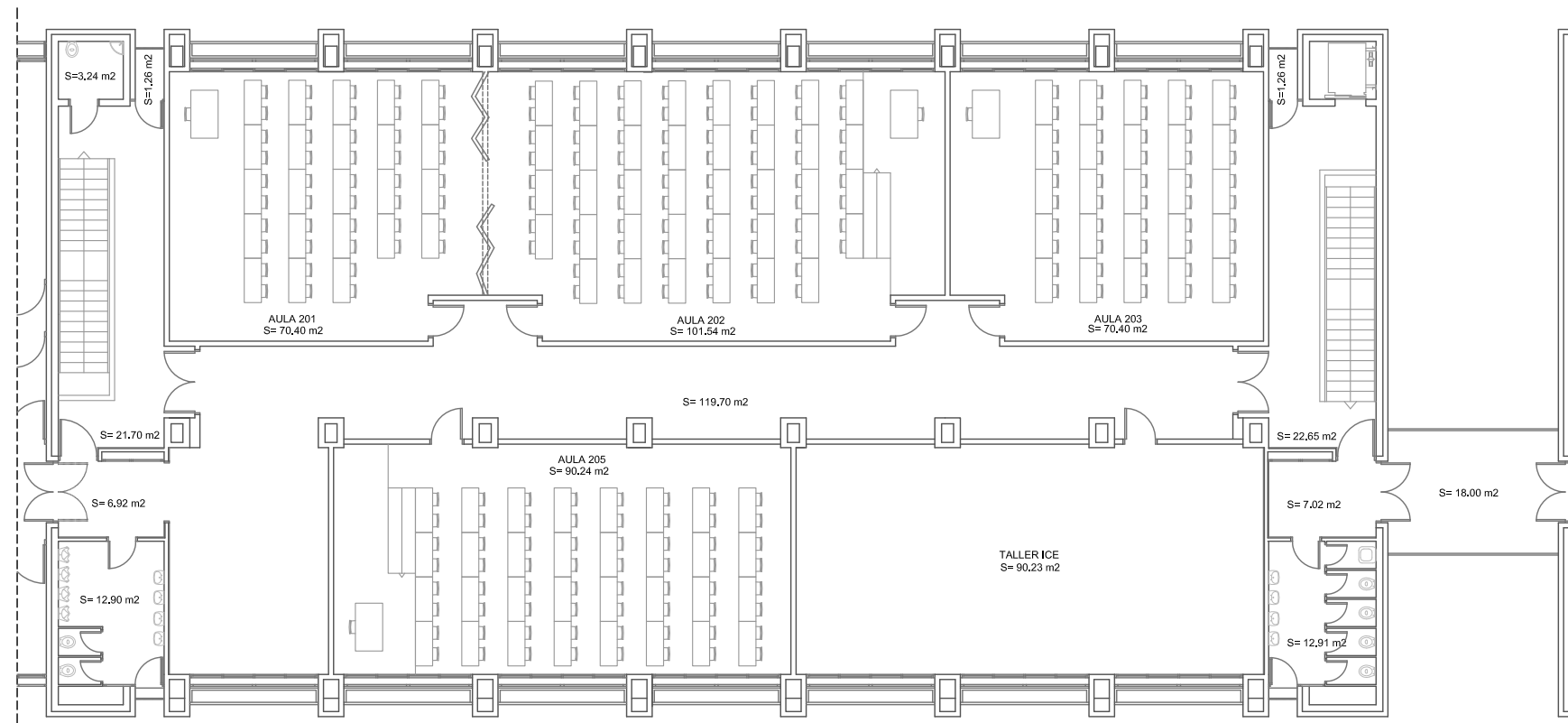
AULARI

Plànol

PLANTA 1

Núm.

0.05



Servei d'Infraestructures  
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Escala 1/200



Data

ABRIL 18

Cod. Ed.

A3

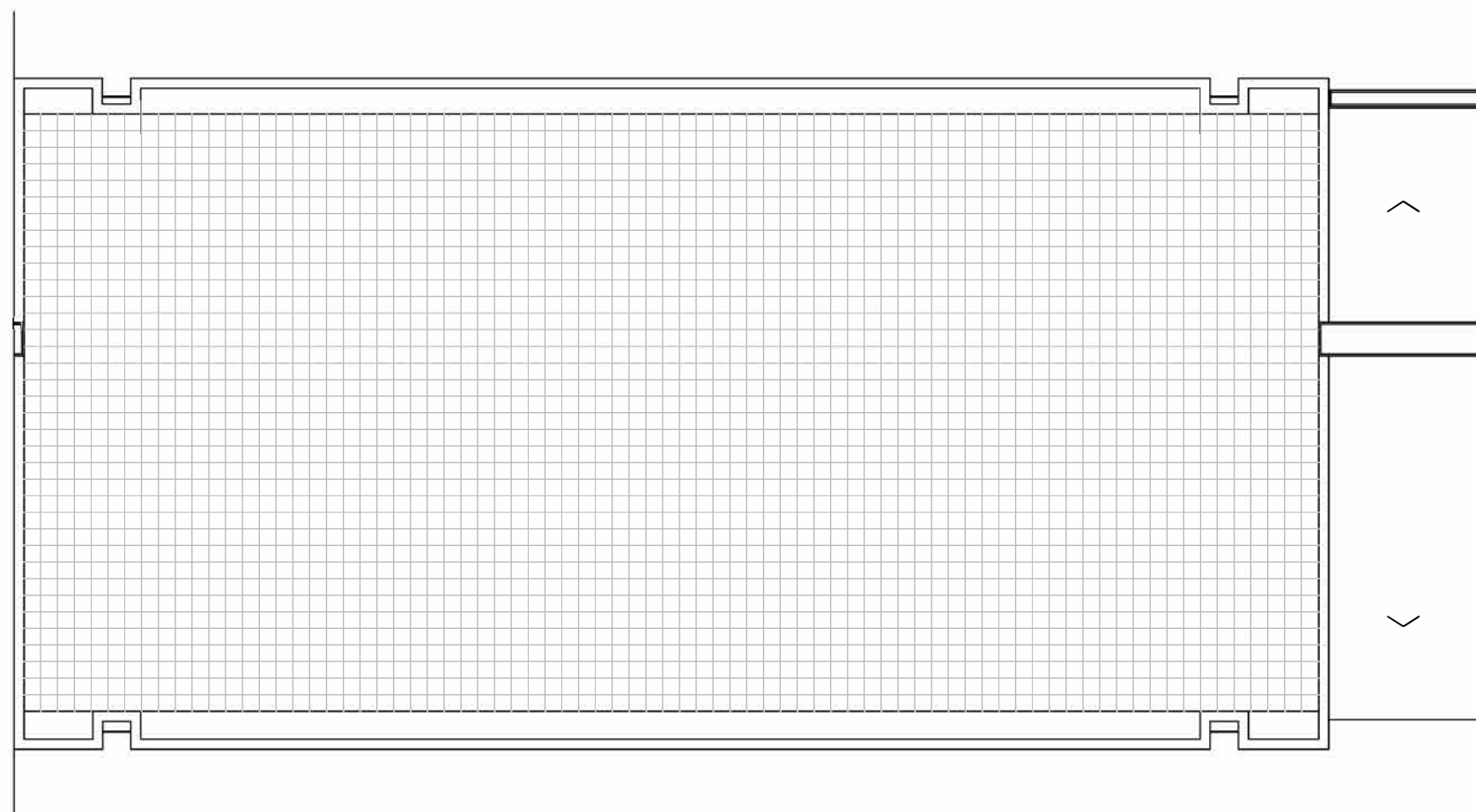
AULARI


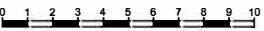
Plànol

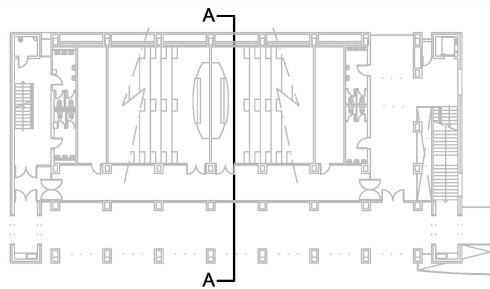
PLANTA 2

Núm.

0.06

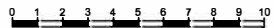


 <div>Servei d'Infraestructures UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div>	Escala 1/200 	Data ABRIL 18	Cod. Ed. A3
		Plànol PLANTA COBERTA	Núm. 0.07



Servei d'Infraestructures  
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Escala 1/200



Data

ABRIL 18

Cod. Ed.

A3

AULARI

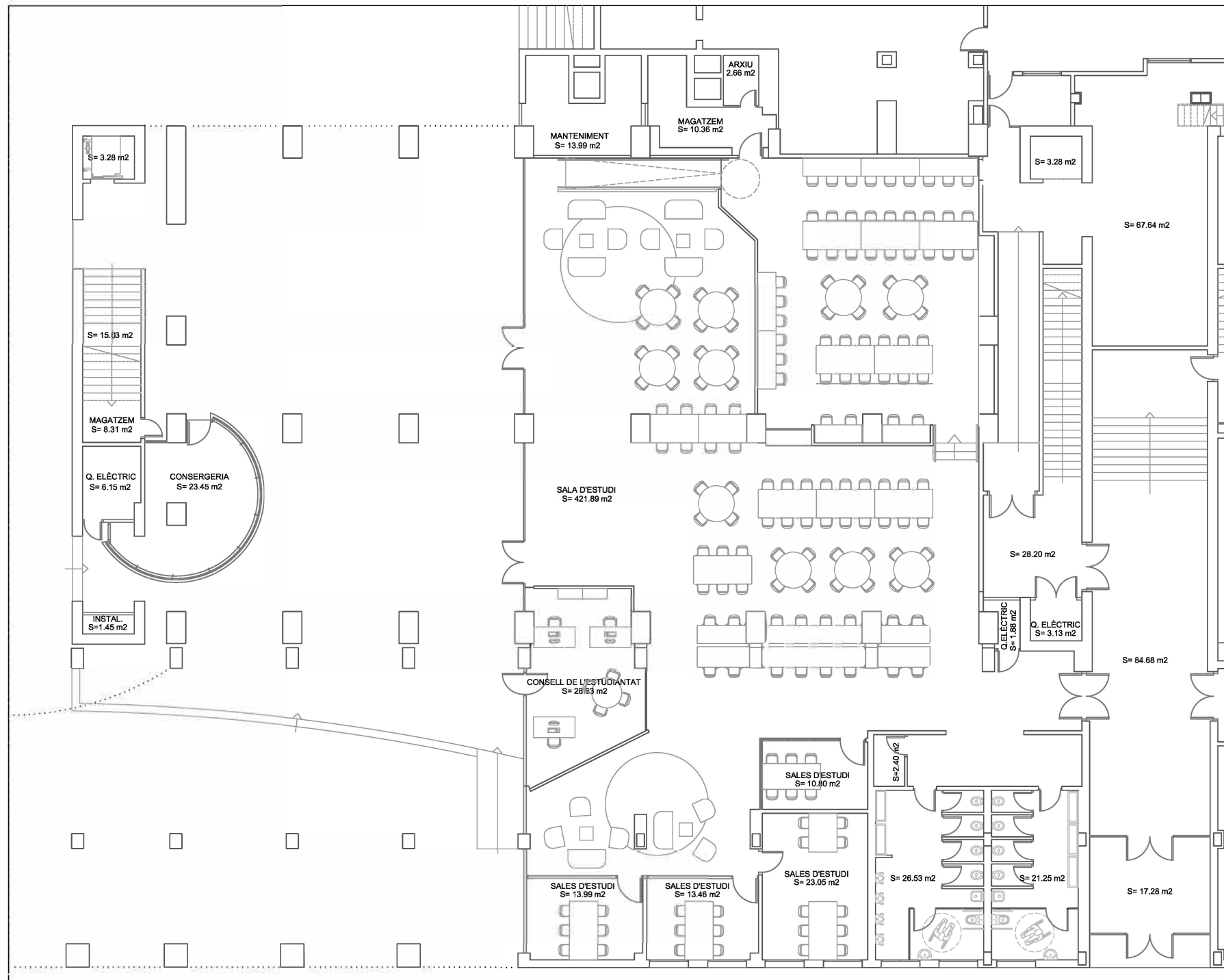
Plànol


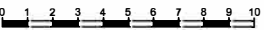
SECCIÓ A

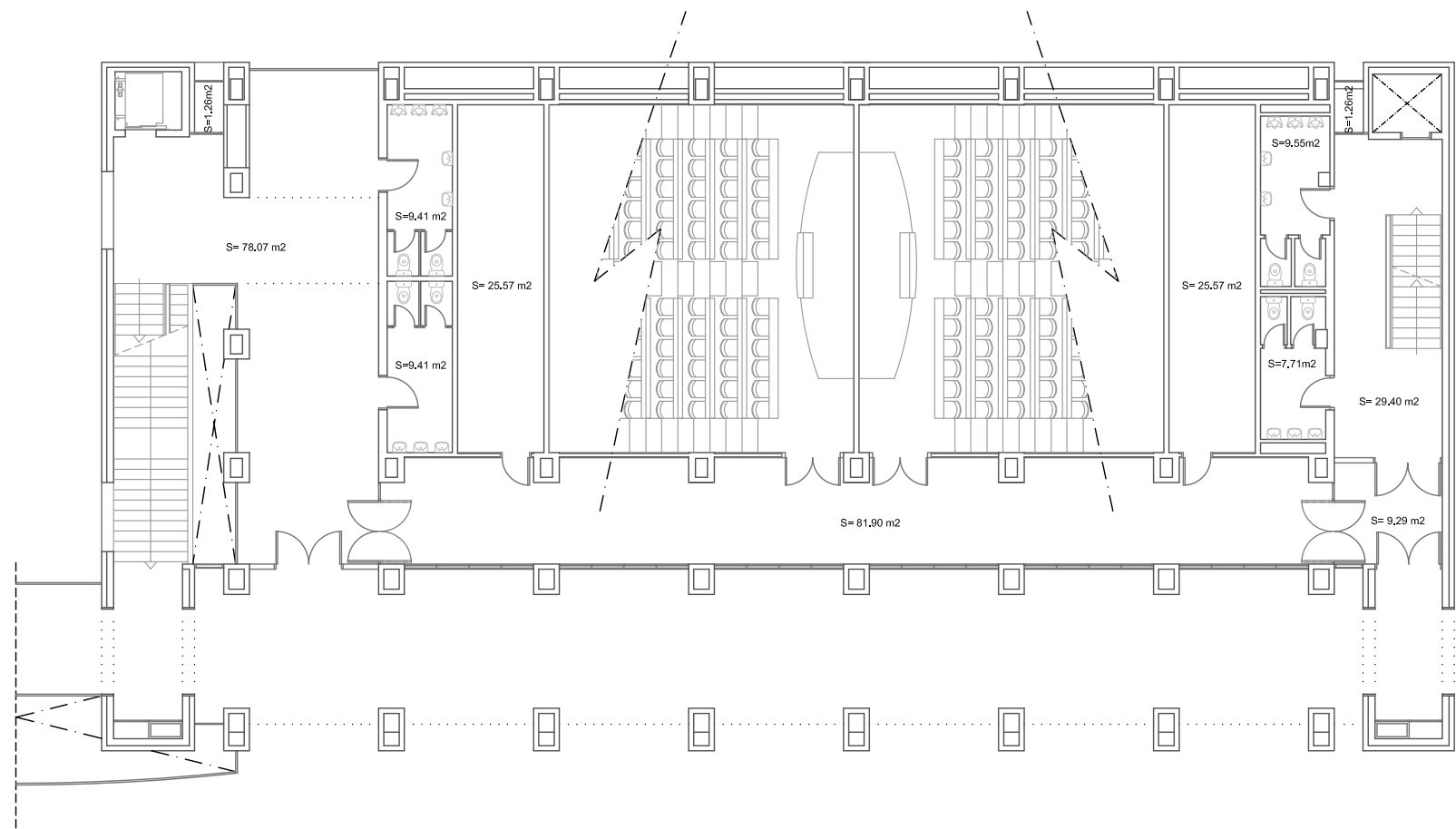
Núm.

2.01





 <div>Servei d'Infraestructures UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div>	Escala 1/200 	Data ABRIL 18	Cod. Ed. A4
		Plànol PLANTA S1	Núm. 0.02



Servei d'Infraestructures  
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Escala 1/200



Data

ABRIL 18

Cod. Ed.

A4

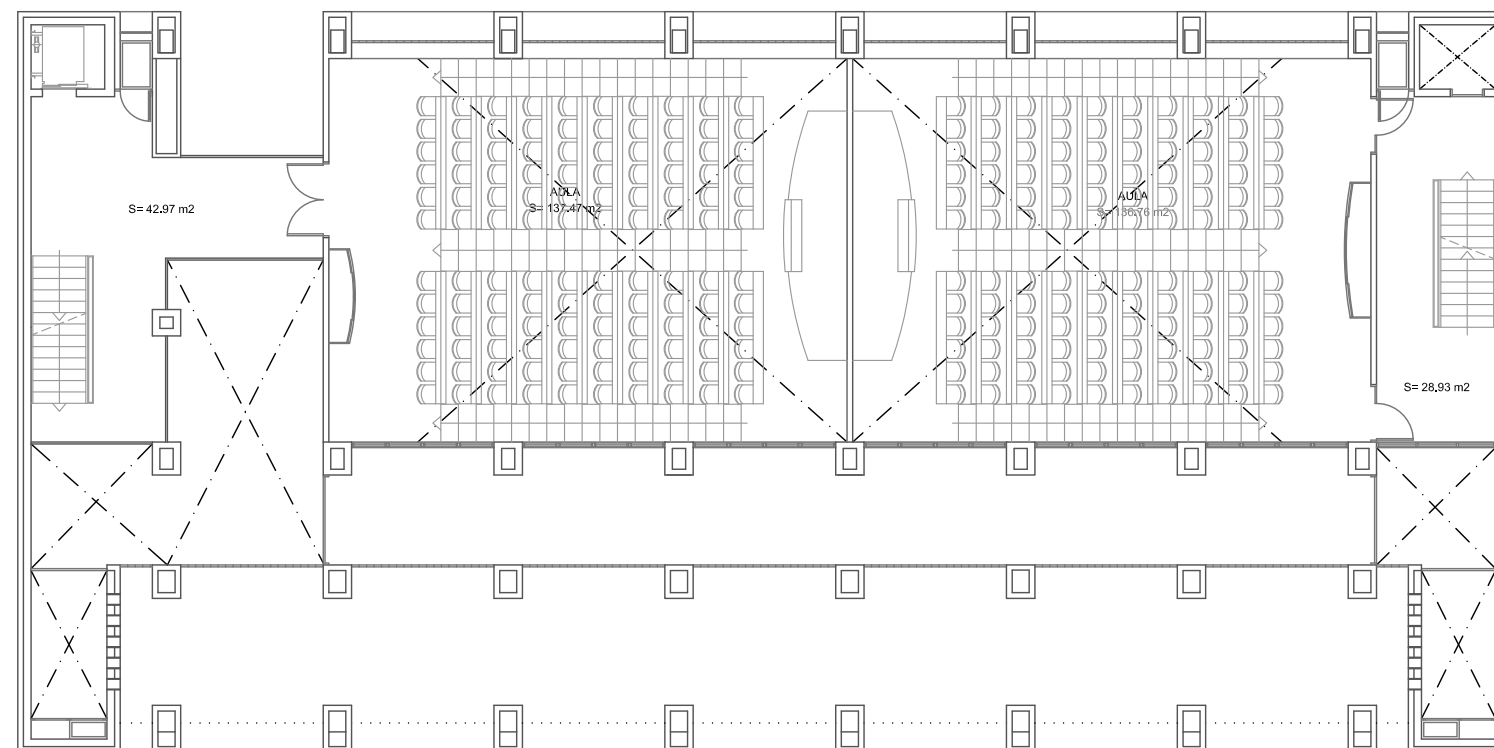
AULARI



Plànol

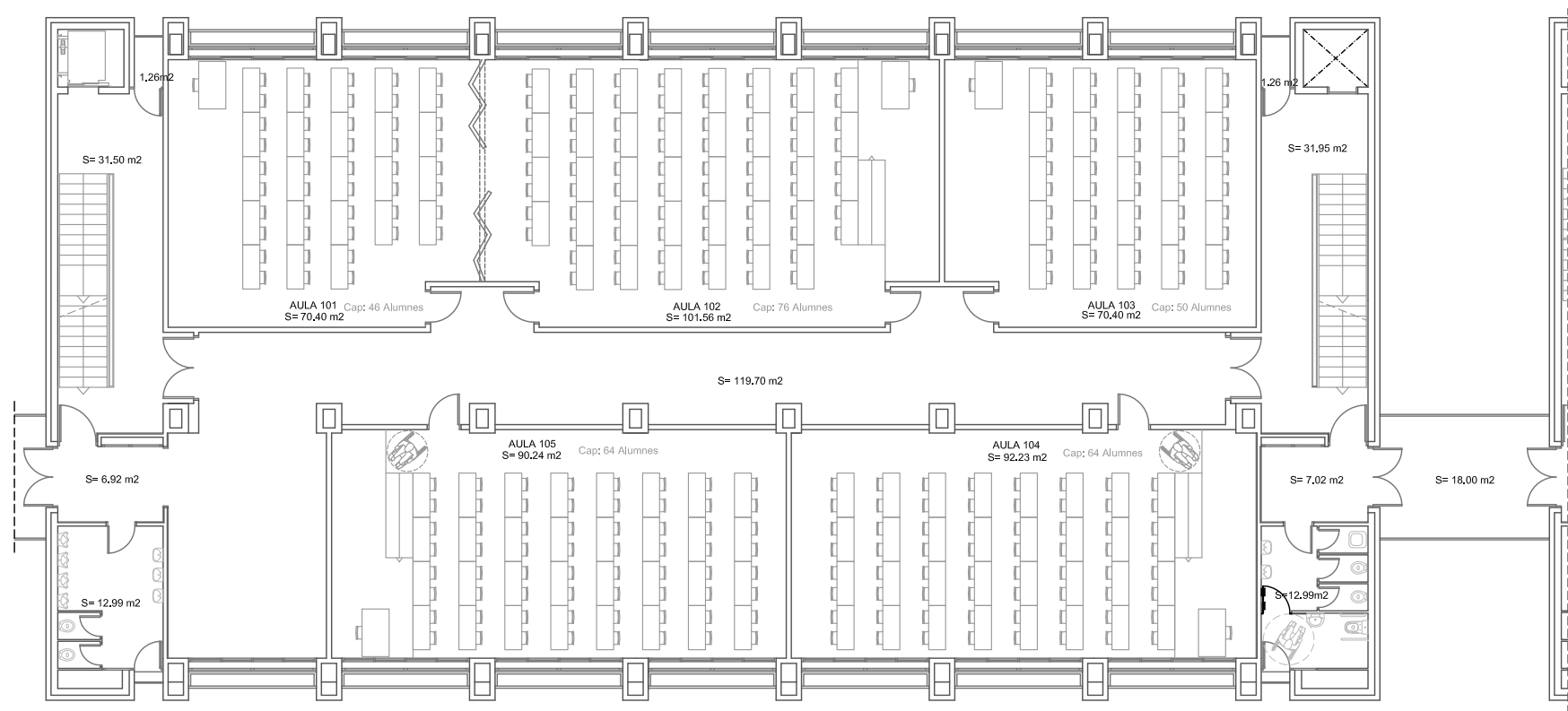
PLANTA 0



Núm.

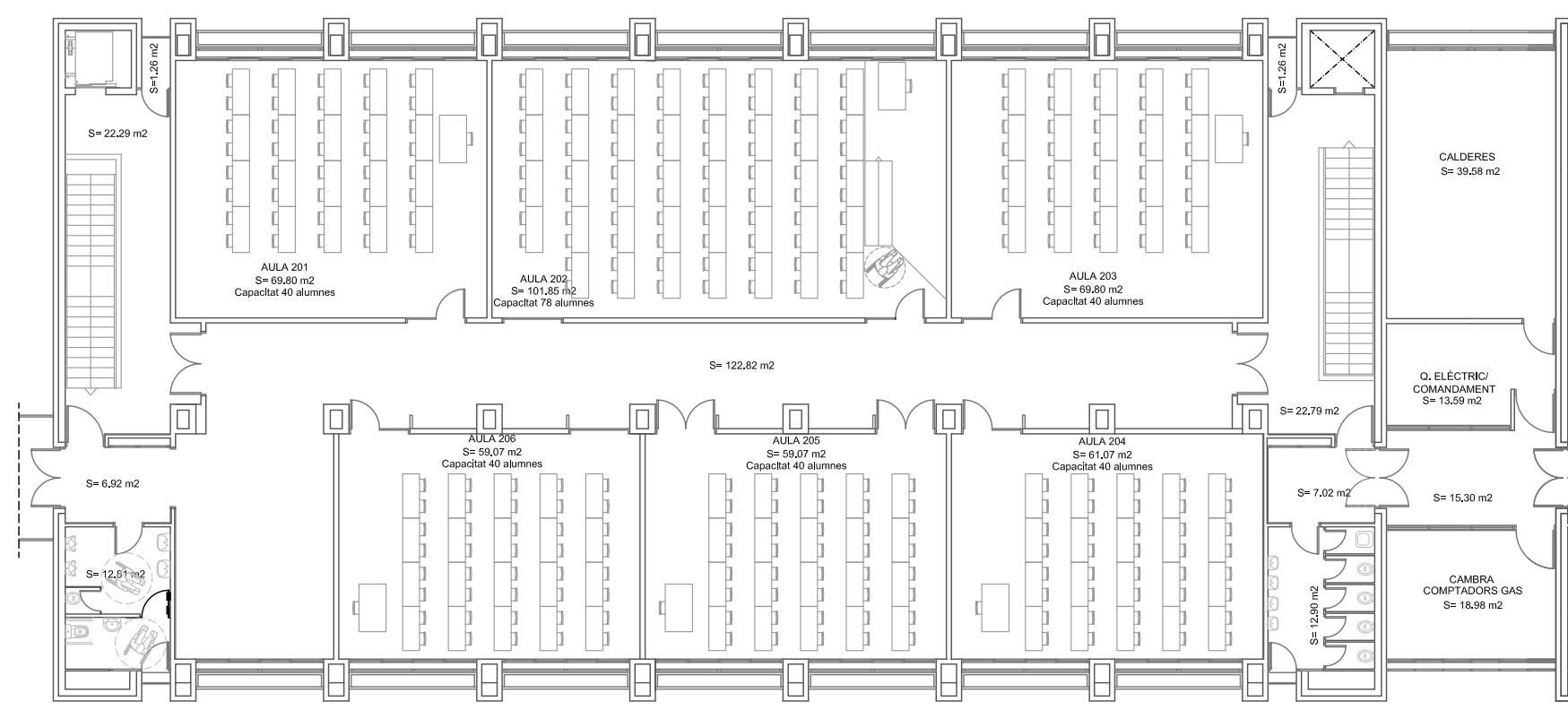
0.03



 <div>Servei d'Infraestructures UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div>	Escala 1/200 	Data	Cod. Ed.
		ABRIL 18	A4
AULARI	Plànol PLANTA ENTRESOL		Núm. 0.04

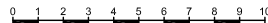


 <div>Servei d'Infraestructures UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div>	Escala 1/200 	Data ABRIL 18	Cod. Ed. A4
AULARI	Plànol PLANTA 1		Núm. 0.05



Servei d'Infraestructures  
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Escala 1/200



Data

ABRIL 18

Cod. Ed.

A4

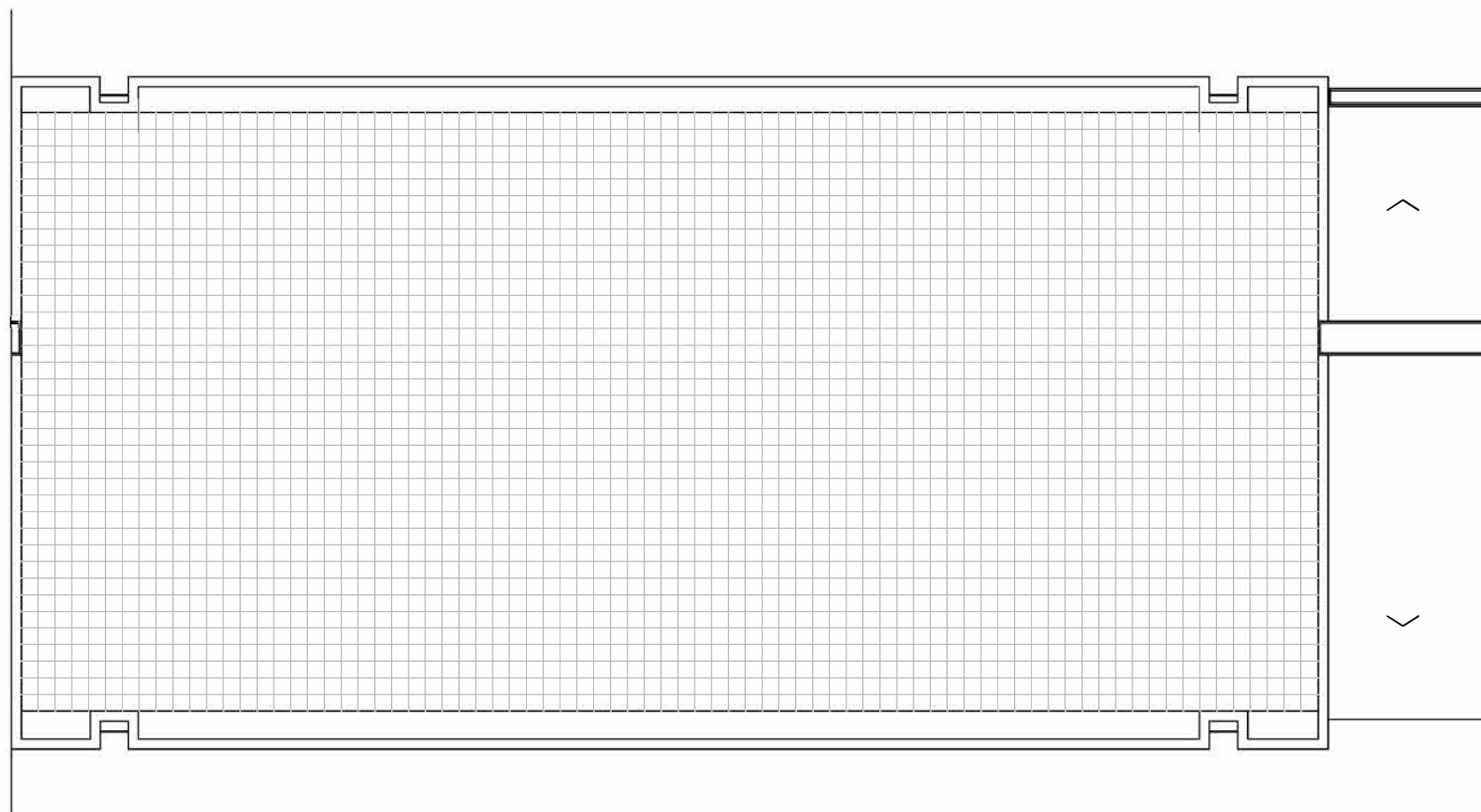
AULARI


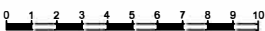
Plànol

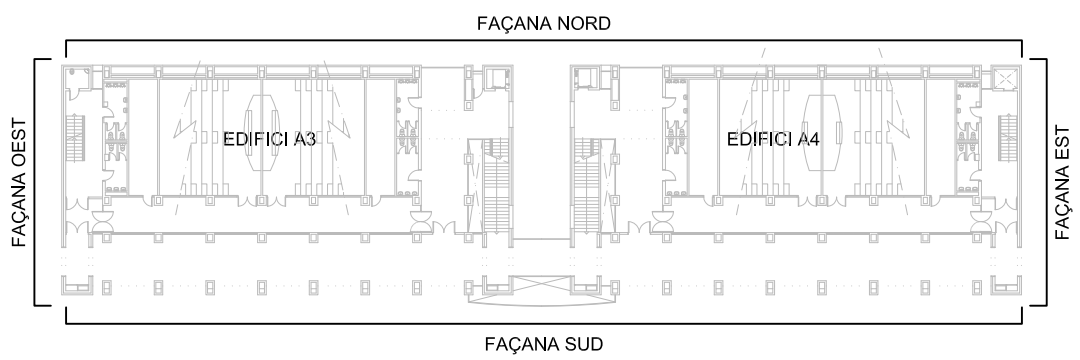
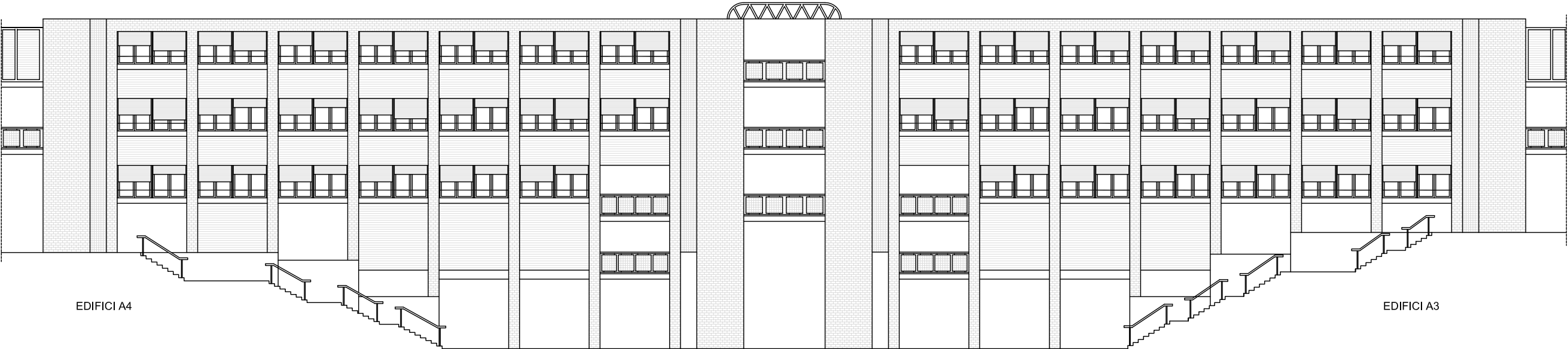
PLANTA 2



Núm.

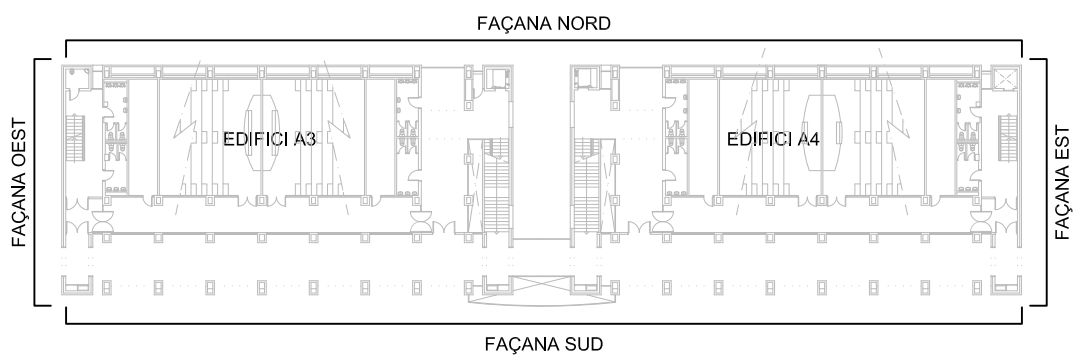
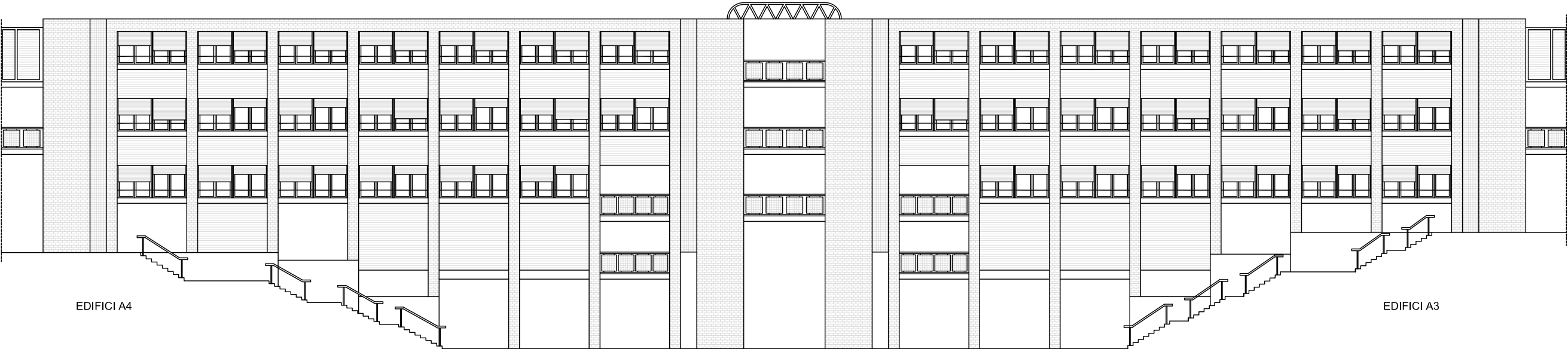
0.06


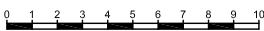


 <div>Servei d'Infraestructures UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div>	Escala 1/200 	Data	Cod. Ed.
		ABRIL 18	A4
AULARI	Plànol PLANTA COBERTA		Núm. 0.07

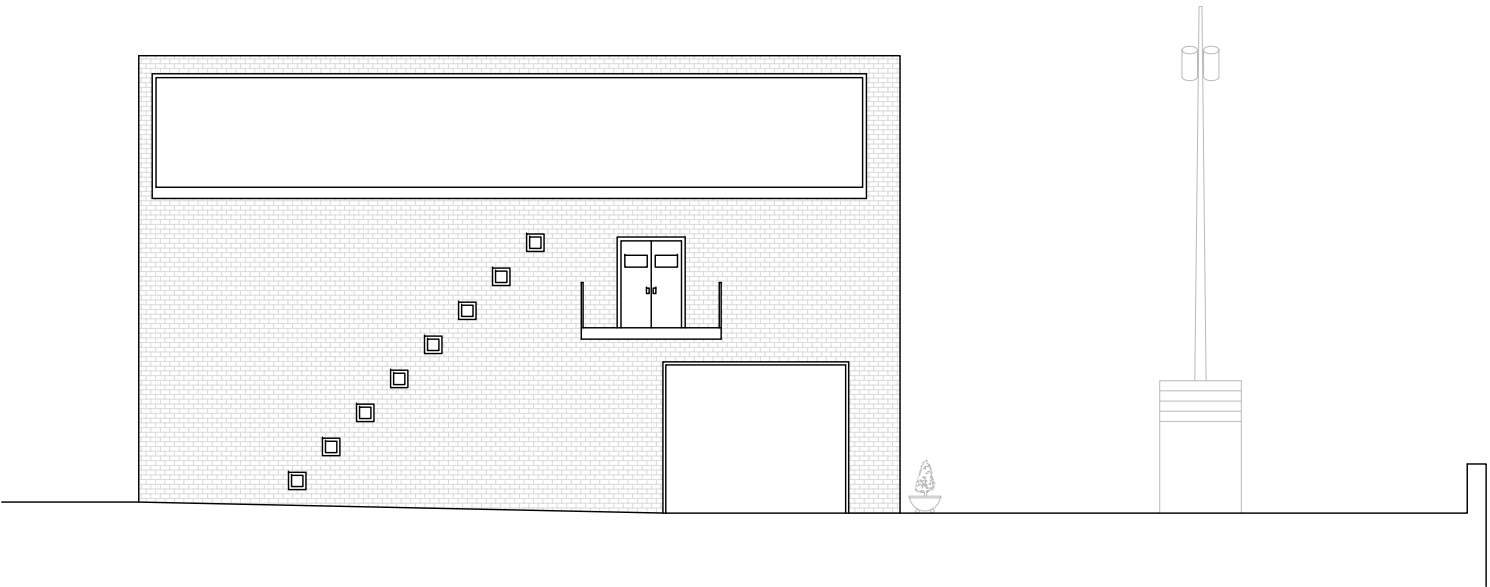


 <div>Servei d'Infraestructures UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div>	<div>Escala 1/250</div> 	Data	Cod. Ed.
		ABRIL 18	A3 - A4
AULARIS		Plànol	Núm.
	FAÇANA NORD	1.01	

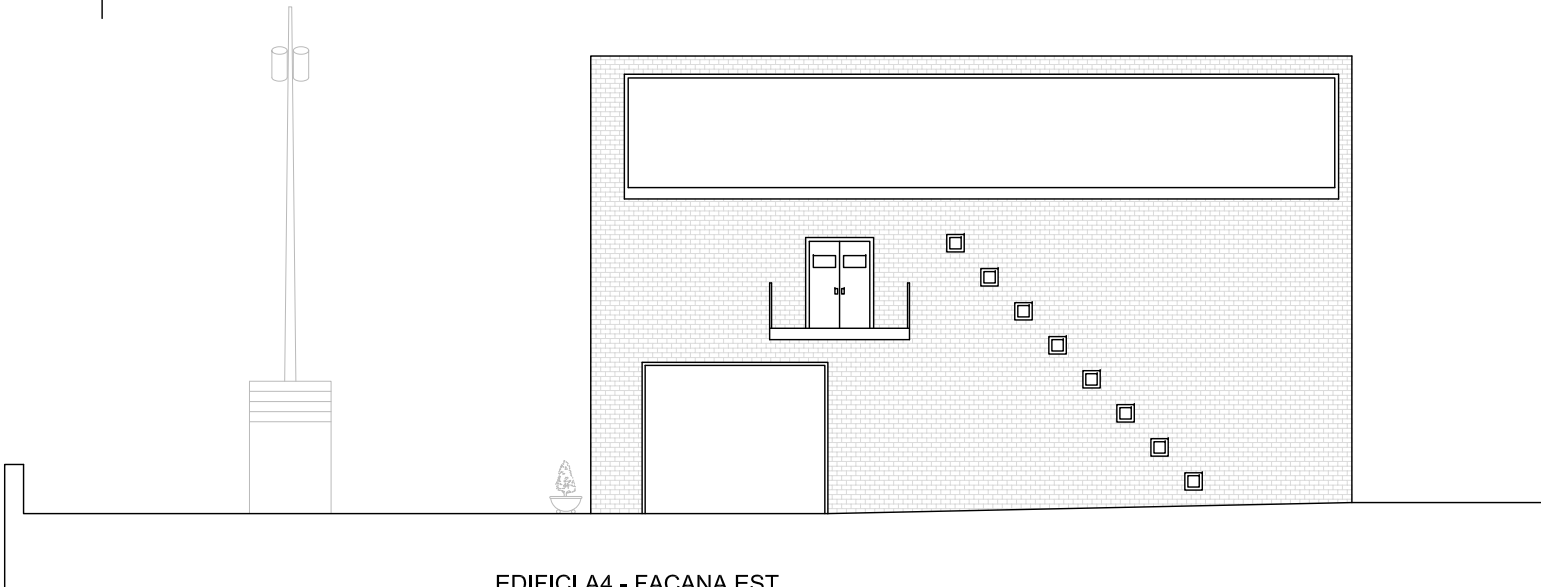


 <div>Servei d'Infraestructures UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div>	<div>Escala 1/250</div> 	Data	Cod. Ed.	
		ABRIL 18	A3 - A4	
AULARIS		Plànol	Núm.	
		FAÇANA SUD	1.02	

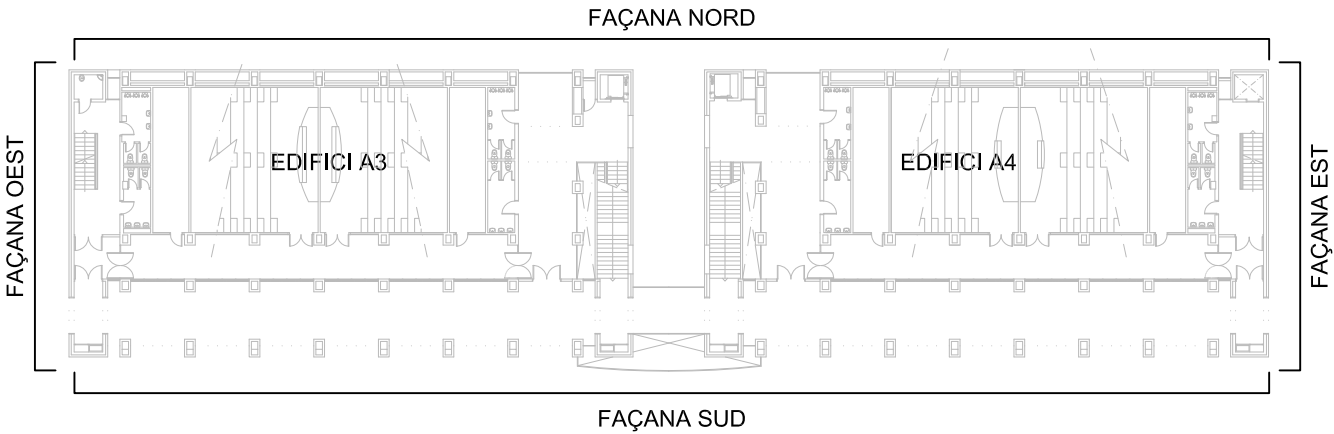






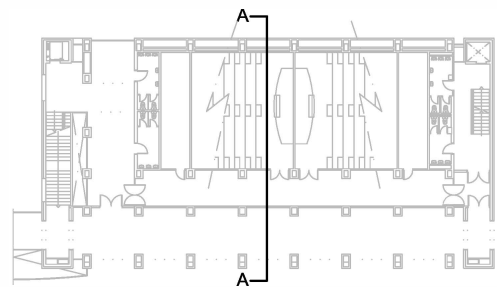
EDIFICI A3 - FAÇANA OEST



EDIFICI A4 - FAÇANA EST

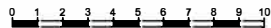


	Servei d'Infraestructures UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA	Escala 1/200 	Data ABRIL 18	Cod. Ed. A3 - A4
		AULARIS	Plànol FAÇANA EST I OEST	Núm. 1.03



Servei d'Infraestructures  
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Escala 1/200



Data

ABRIL 18

Cod. Ed.

A4

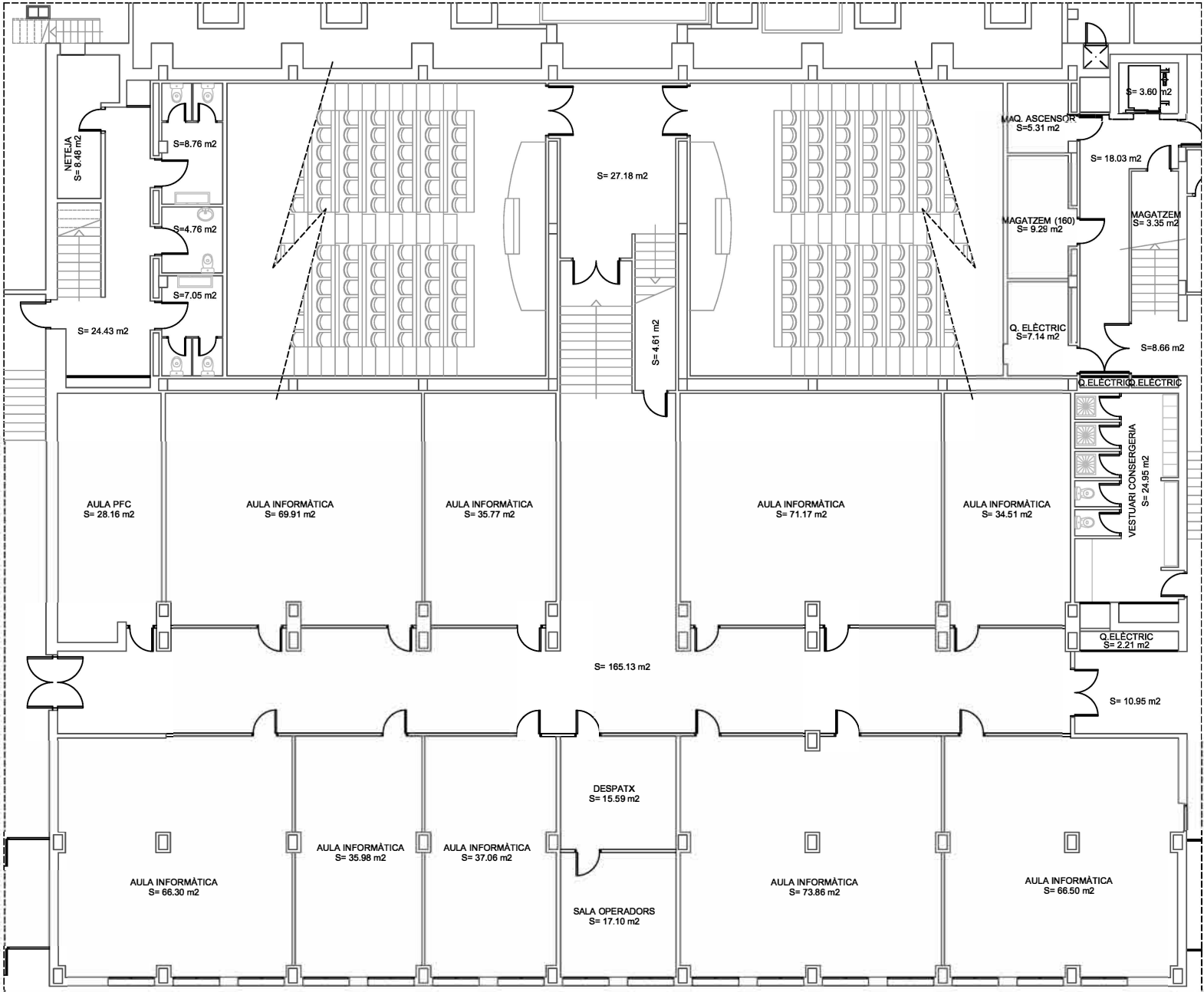
AULARI


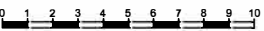
Plànol

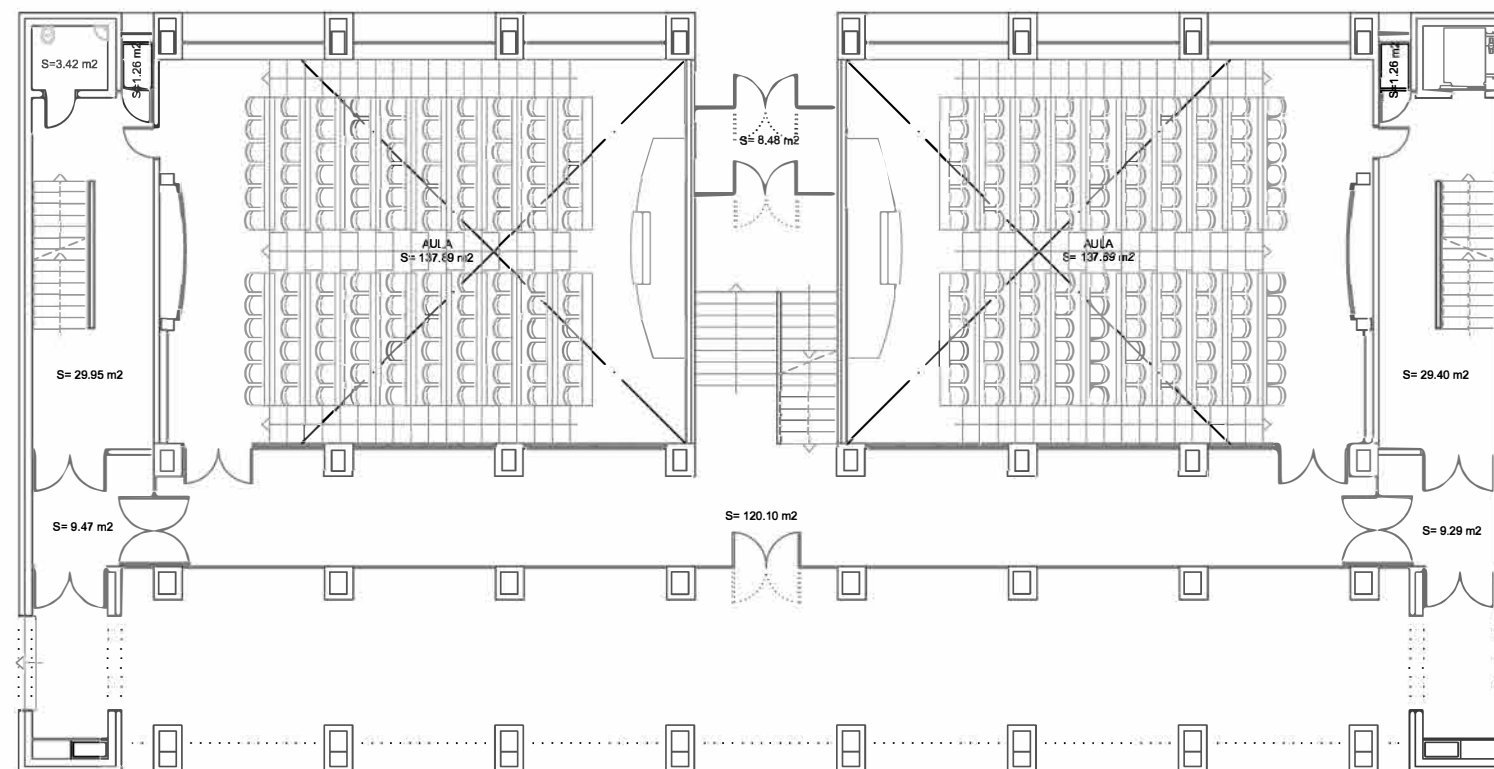
SECCIÓ A


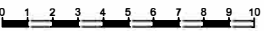
Núm.

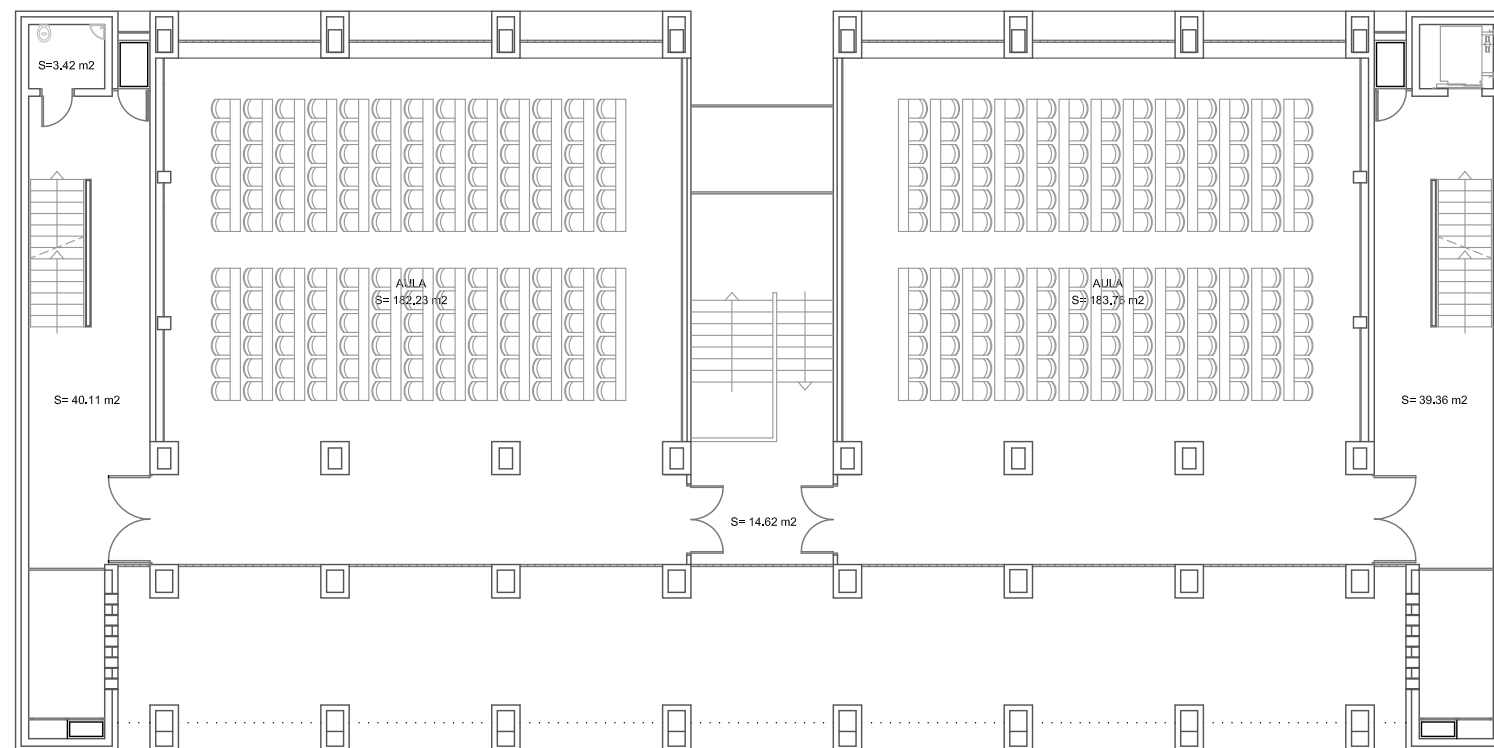
2.01





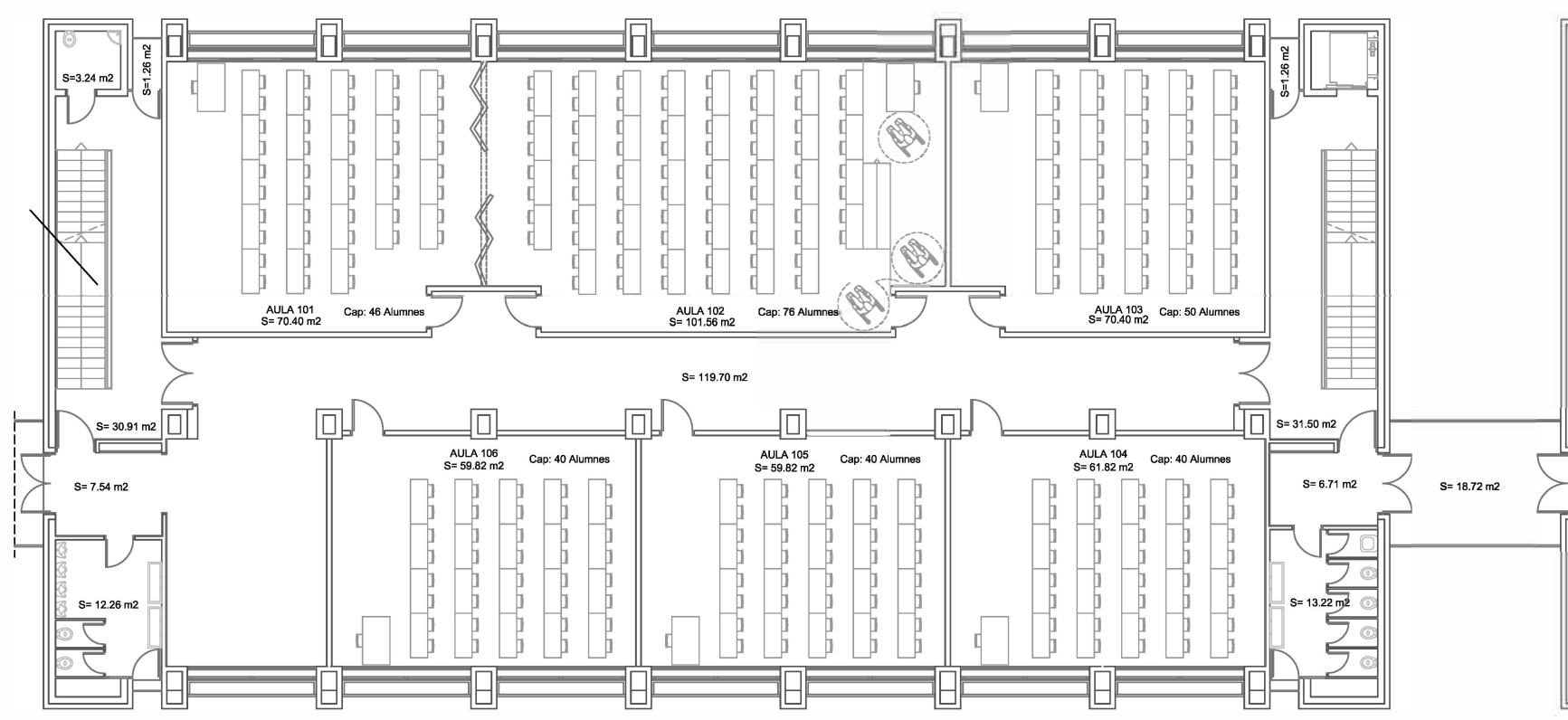
 <div>Servei d'Infraestructures UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div>	Escala 1/200 	Data ABRIL 18	Cod. Ed. A5
		Plànol PLANTA S1	Núm. 0.02



 <b>Servei d'Infraestructures</b> UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA	Escala 1/200 	Data ABRIL 18	Cod. Ed. A5
	AULARI	Plànol PLANTA 0	Núm. 0.03

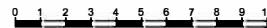


 <div>Servei d'Infraestructures UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div>	Escala 1/200 	Data ABRIL 18	Cod. Ed. A5
	AULARI	Plànol PLANTA ENTRESOL	Núm. 0.04



Servei d'Infraestructures  
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Escala 1/200



Data

ABRIL 18

Cod. Ed.

A5

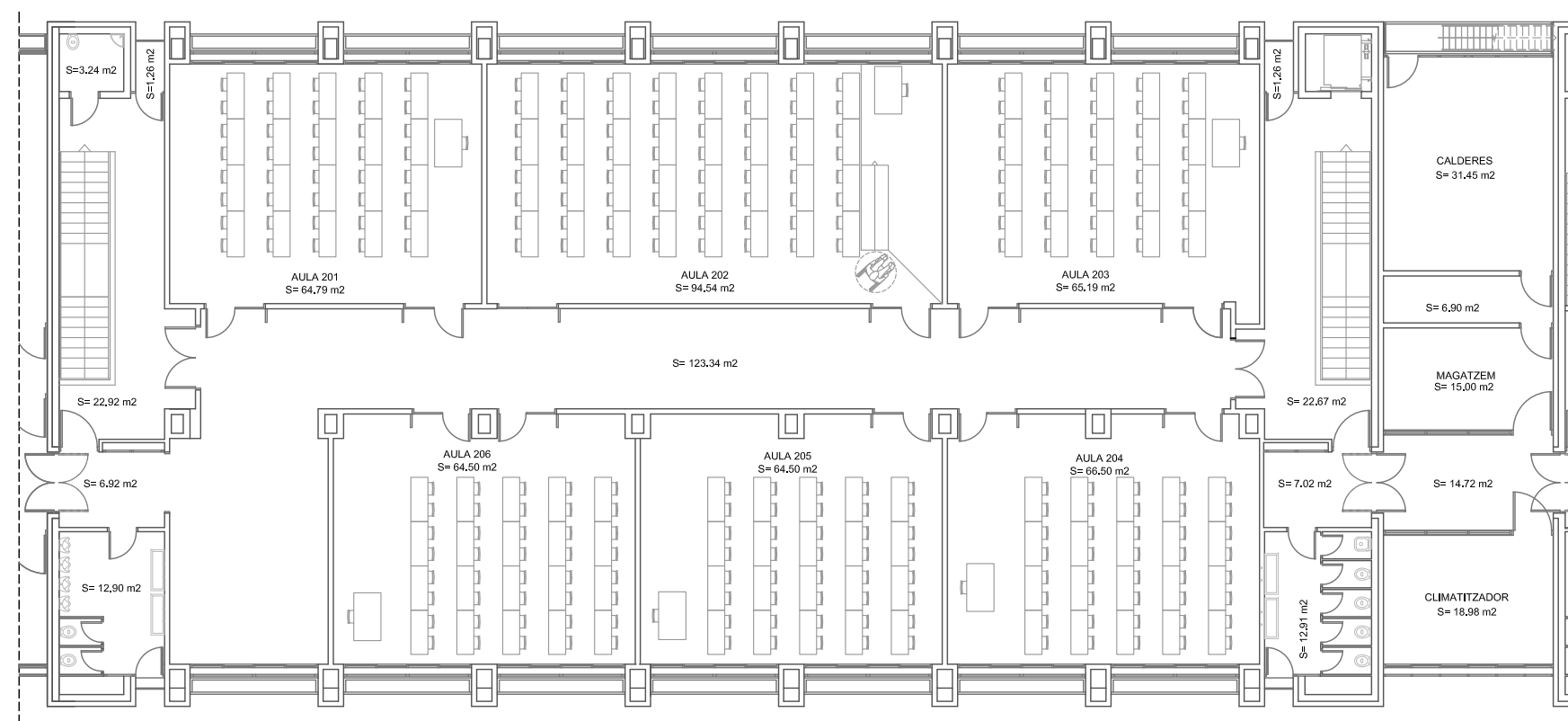
AULARI


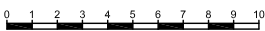
Plànol

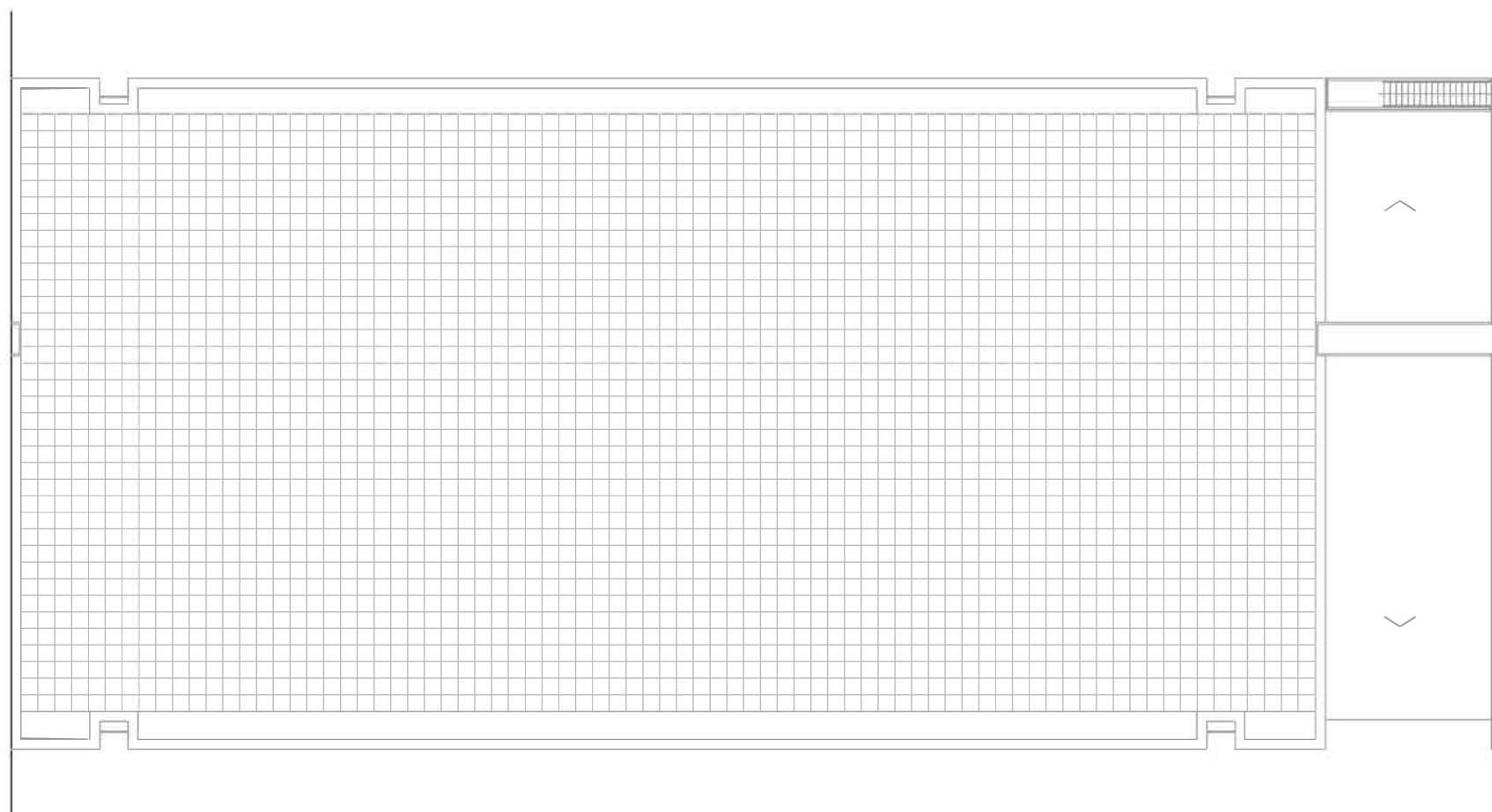
PLANTA 1

Núm.

0.05



 <div>Servei d'Infraestructures UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div>	Escala 1/200 	Data	Cod. Ed.
		ABRIL 18	A5
AULARI	Plànol PLANTA 2	Núm.	0.06



Servei d'Infraestructures  
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Escala 1/200



Data

ABRIL 18

Cod. Ed.

A5

AULARI

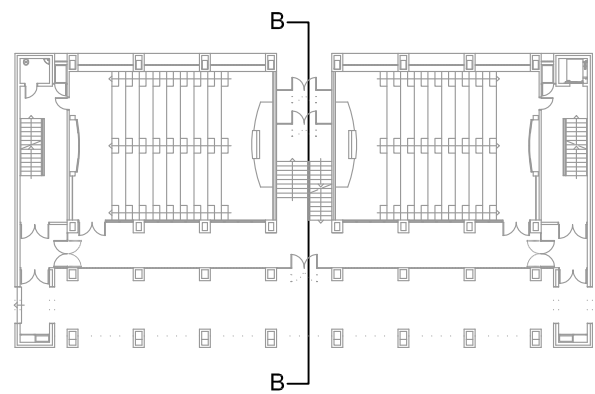
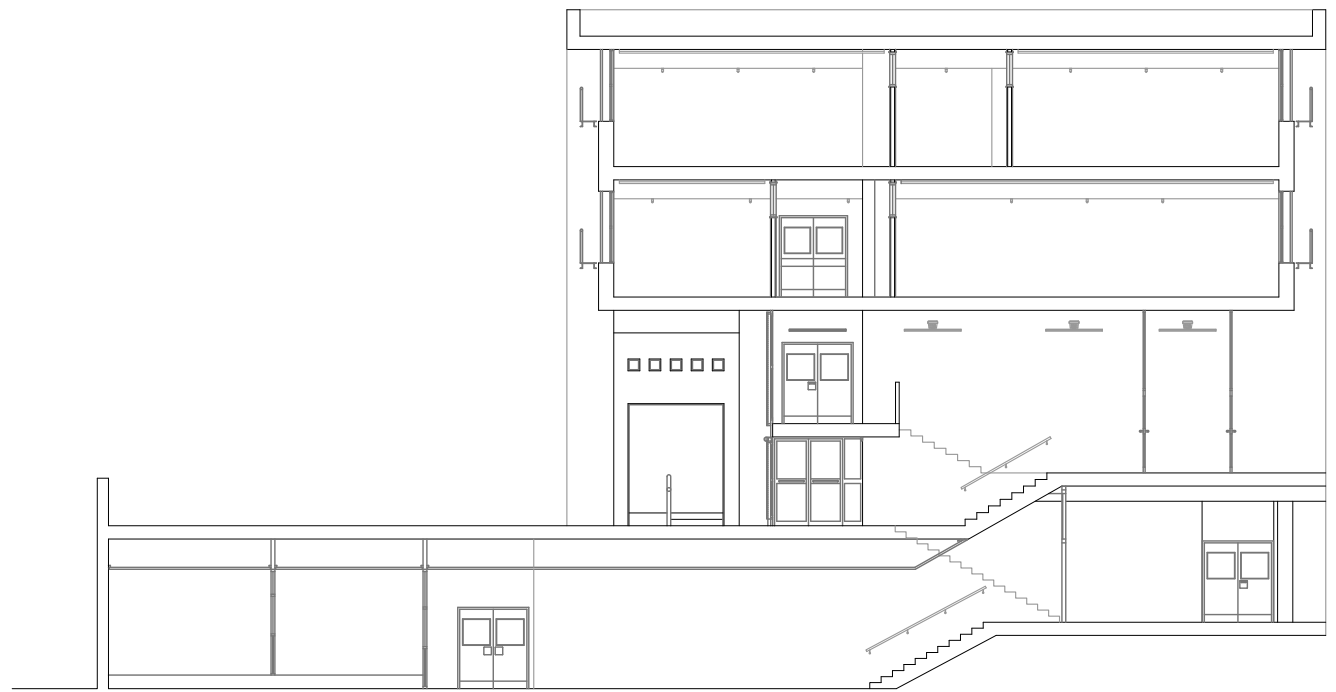
Plànol

PLANTA COBERTA

Núm.

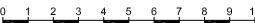
0.07





Servei d'Infraestructures  
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Escala 1/200



Data

ABRIL 18

Cod. Ed.

A5

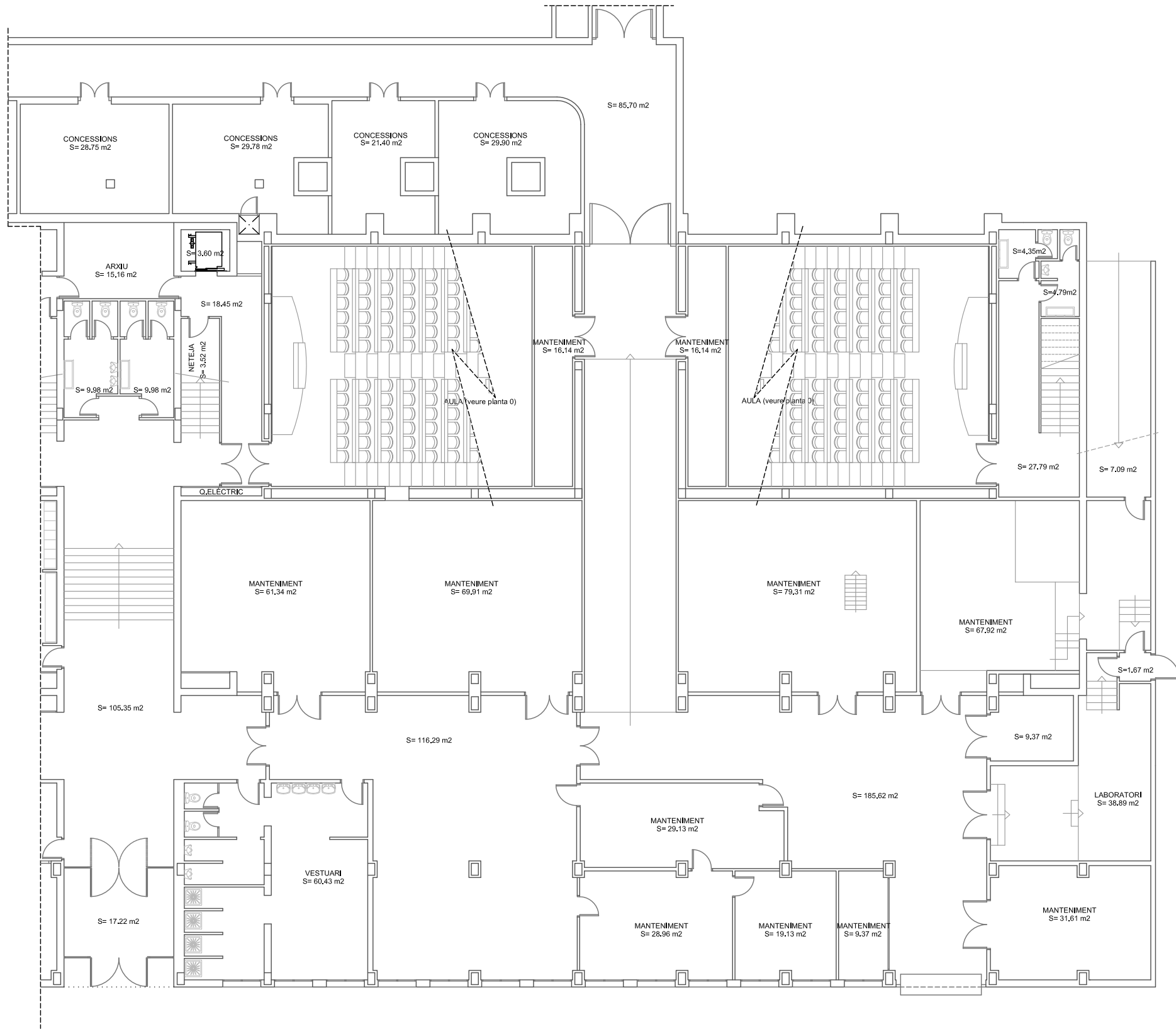
AULARI

Plànol

SECCIÓ B

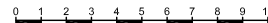
Núm.

2.02



Servei d'Infraestructures  
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Escala 1/200



Data

ABRIL 18

Cod. Ed.

A6

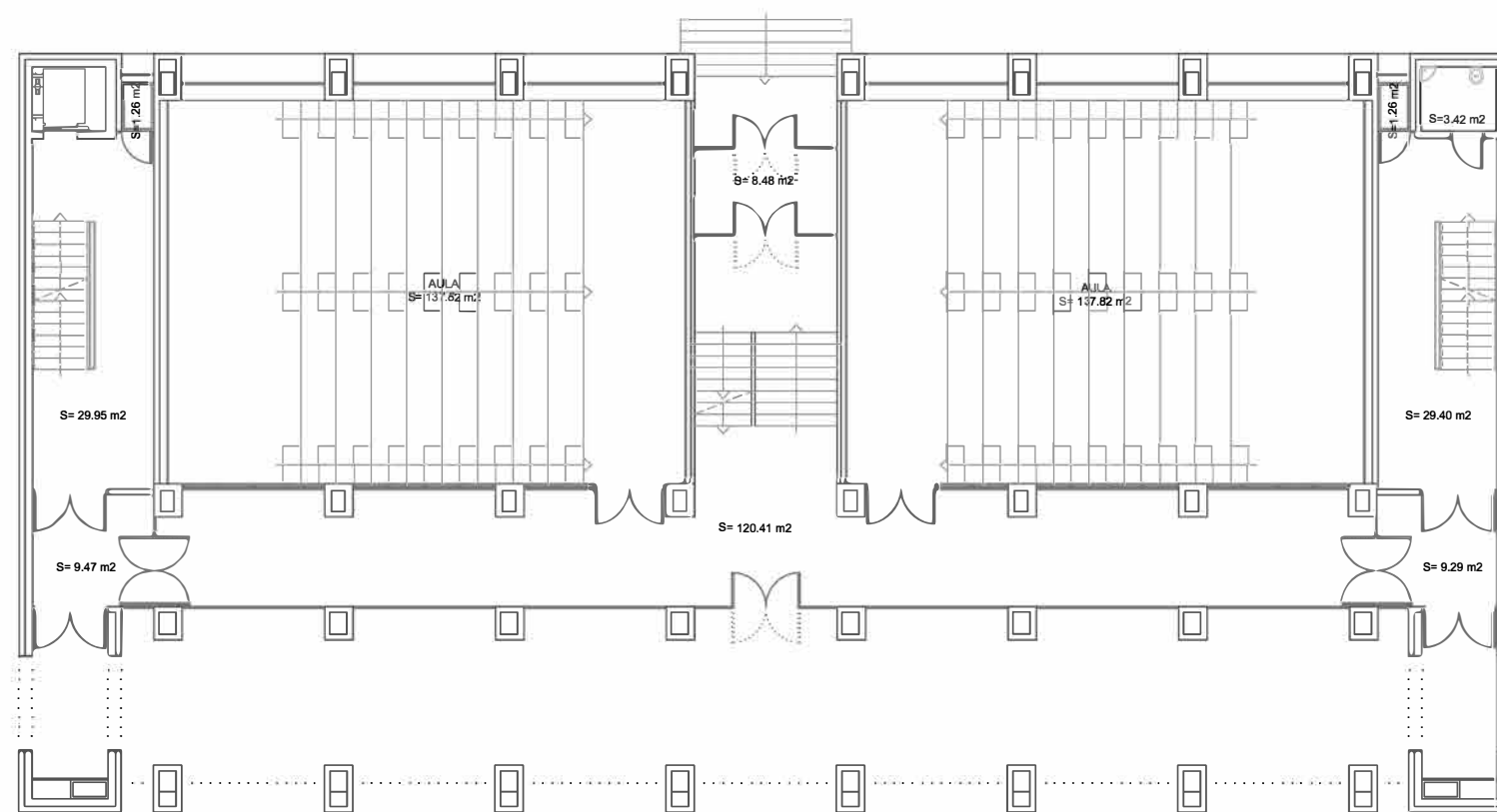
AULARI


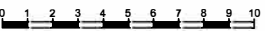
Plànol

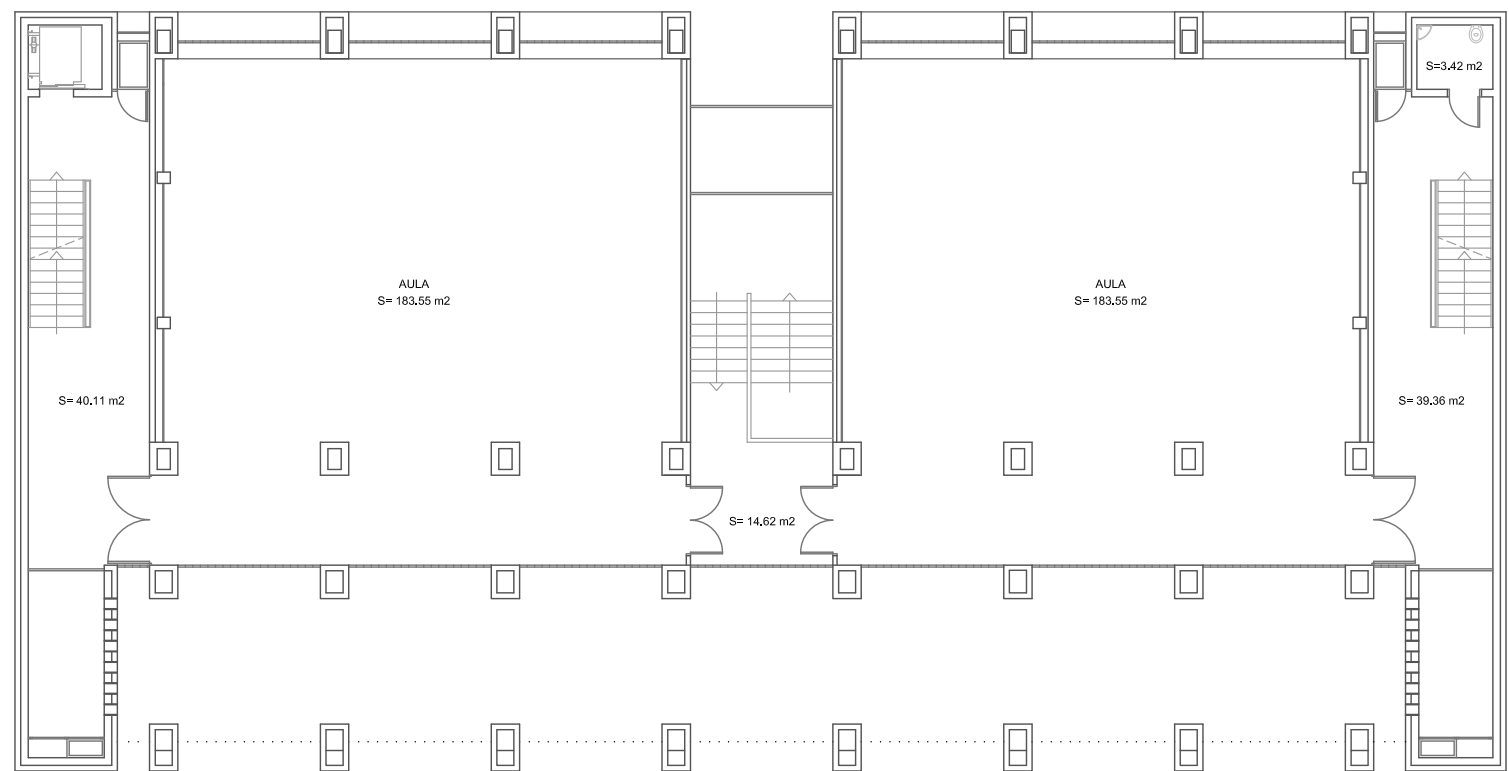
PLANTA S1

Núm.

0.02



 <b>Servei d'Infraestructures</b> UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA	Escala 1/200 	Data ABRIL 18	Cod. Ed. A6
	AULARI	Plànol PLANTA 0	Núm. 0.03



Servei d'Infraestructures  
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Escala 1/200



Data

ABRIL 18

Cod. Ed.

A6

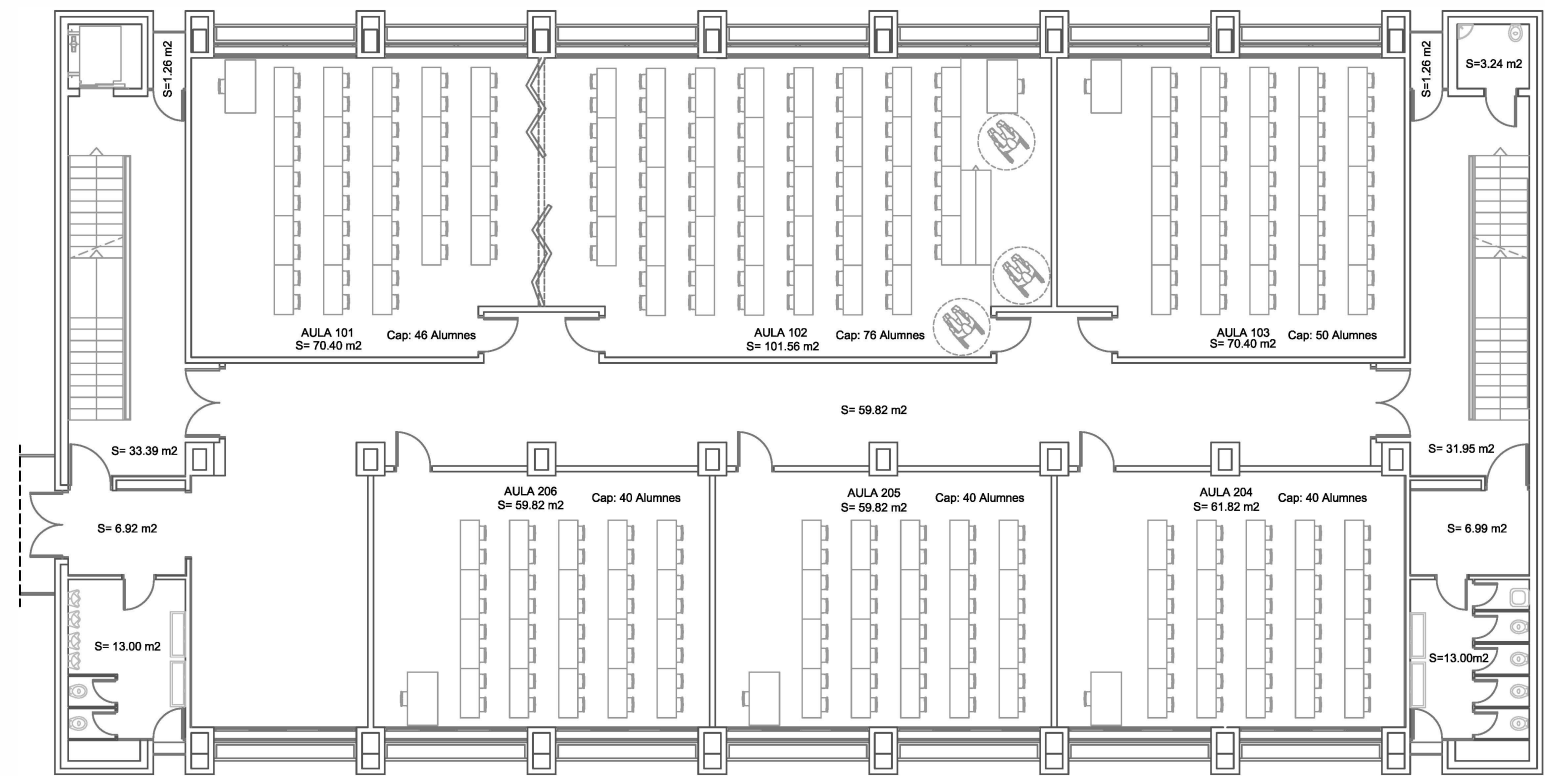
AULARI

Plànol

PLANTA ENTRESOL

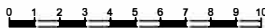
Núm.

0.04



Servei d'Infraestructures  
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Escala 1/200



Data

ABRIL 18

Cod. Ed.

A6

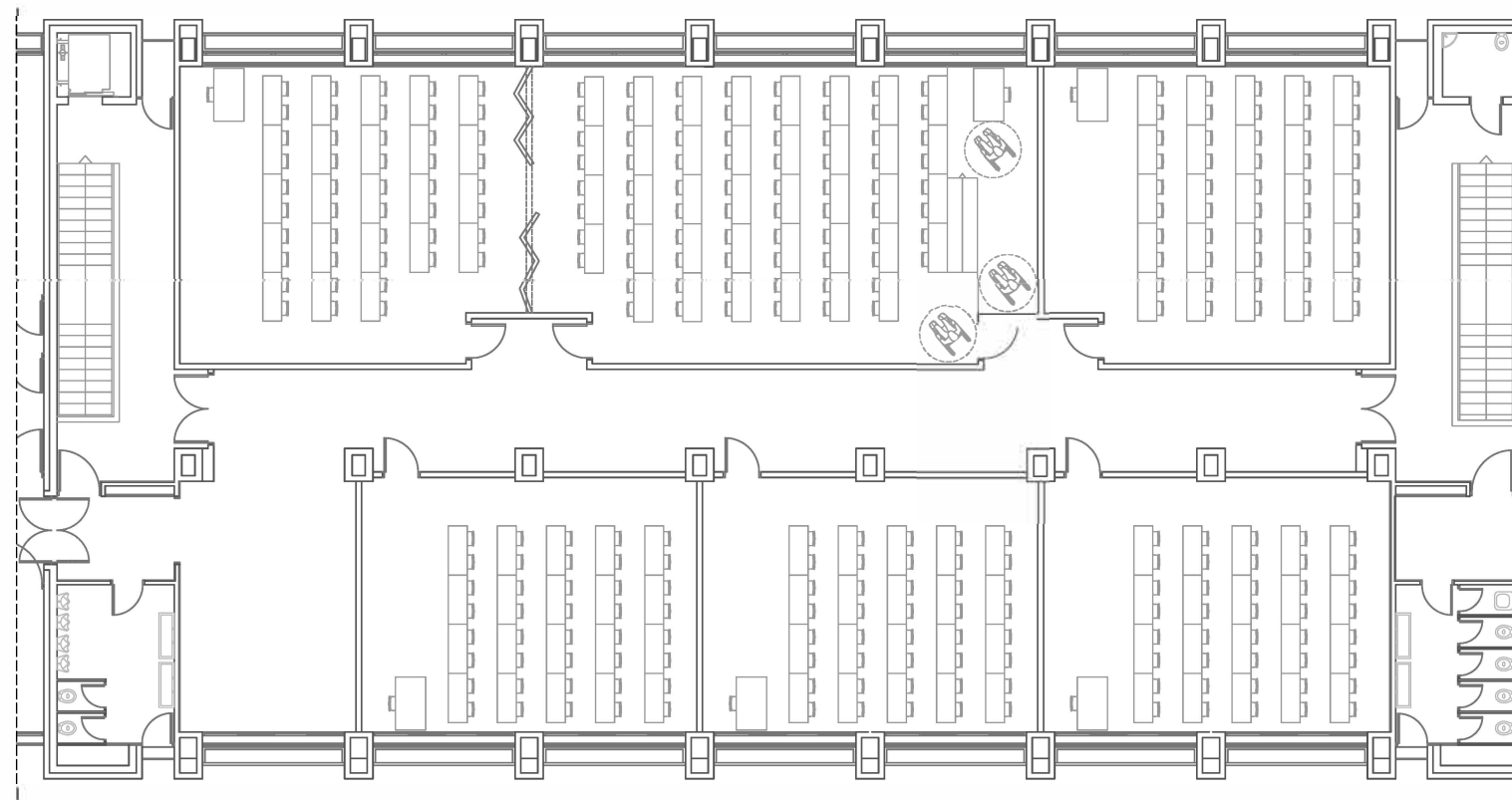
AULARI


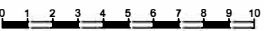
Plànol

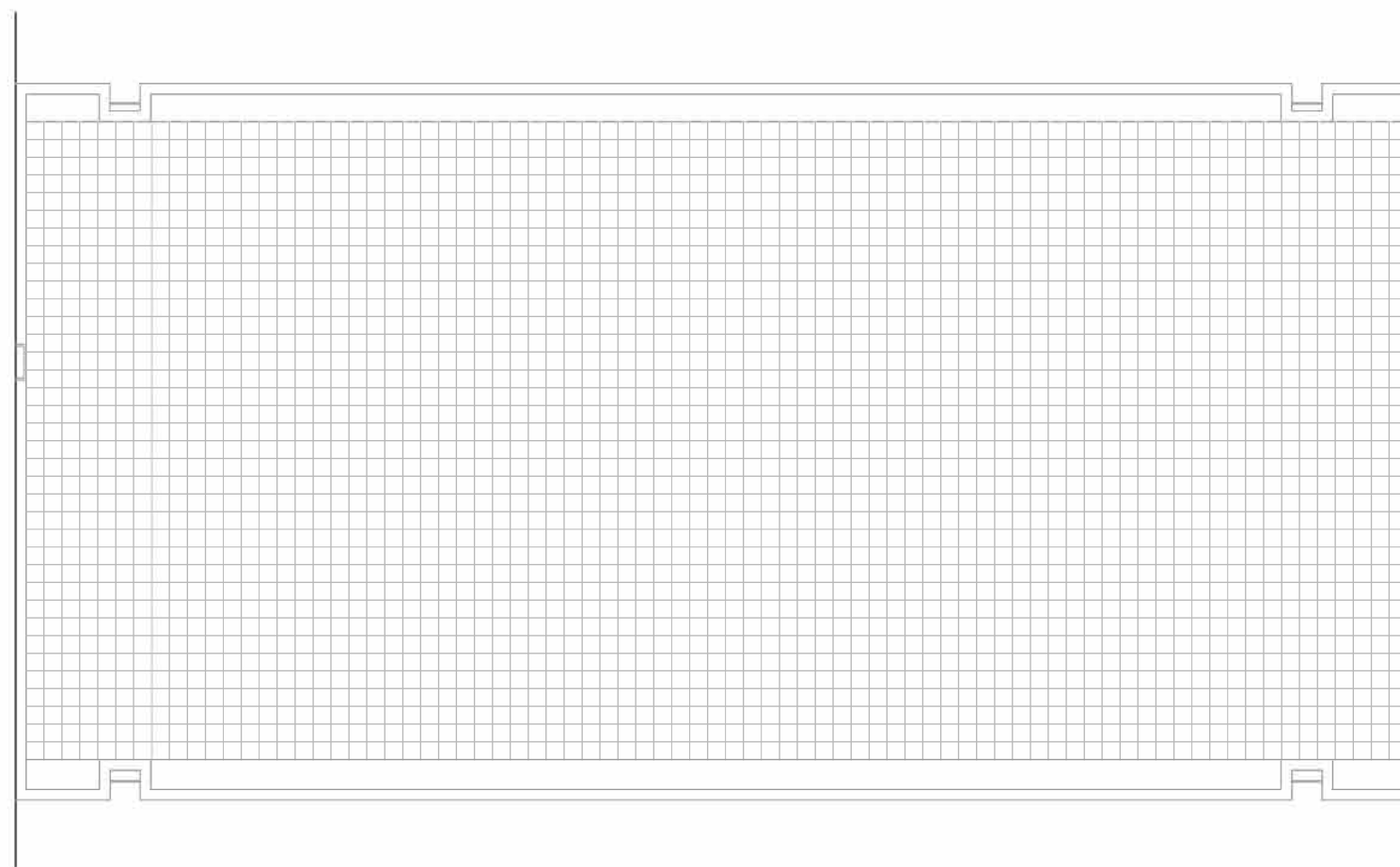
PLANTA 1


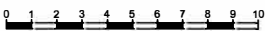
Núm.

0.05



 <div>Servei d'Infraestructures UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div>	Escala 1/200 	Data ABRIL 18	Cod. Ed. A6
		Plànol PLANTA 2	Núm. 0.06

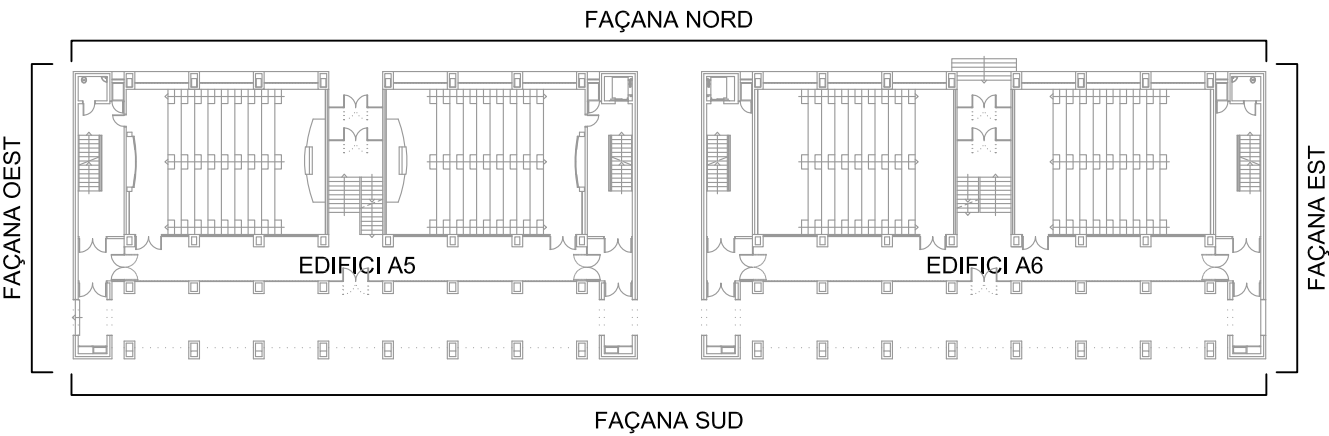




 <div>Servei d'Infraestructures UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div>	Escala 1/200 		Data ABRIL 18	Cod. Ed. A6
	AULARI		Plànol PLANTA COBERTA	Núm. 0.07



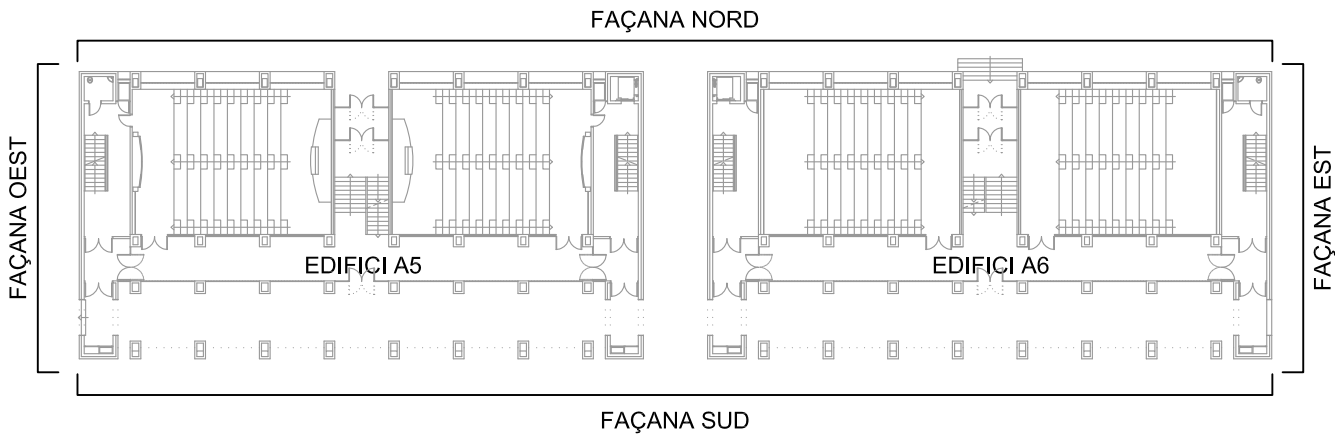
EDIFICI A6


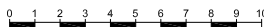
EDIFICI A5

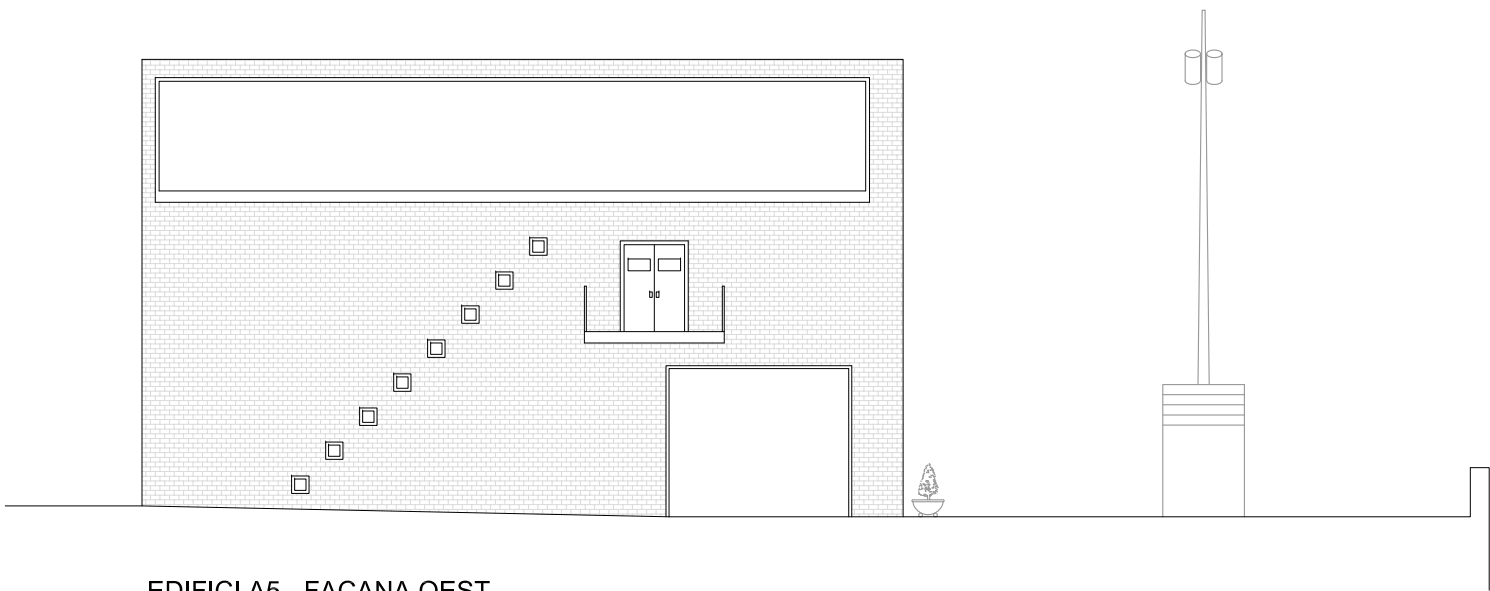


 <div>Servei d'Infraestructures UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div>	Escala 1/250 	Data ABRIL 18	Cod. Ed. A5 - A6
	Plànol FAÇANA NORD		Núm. 1.01
AULARIS			

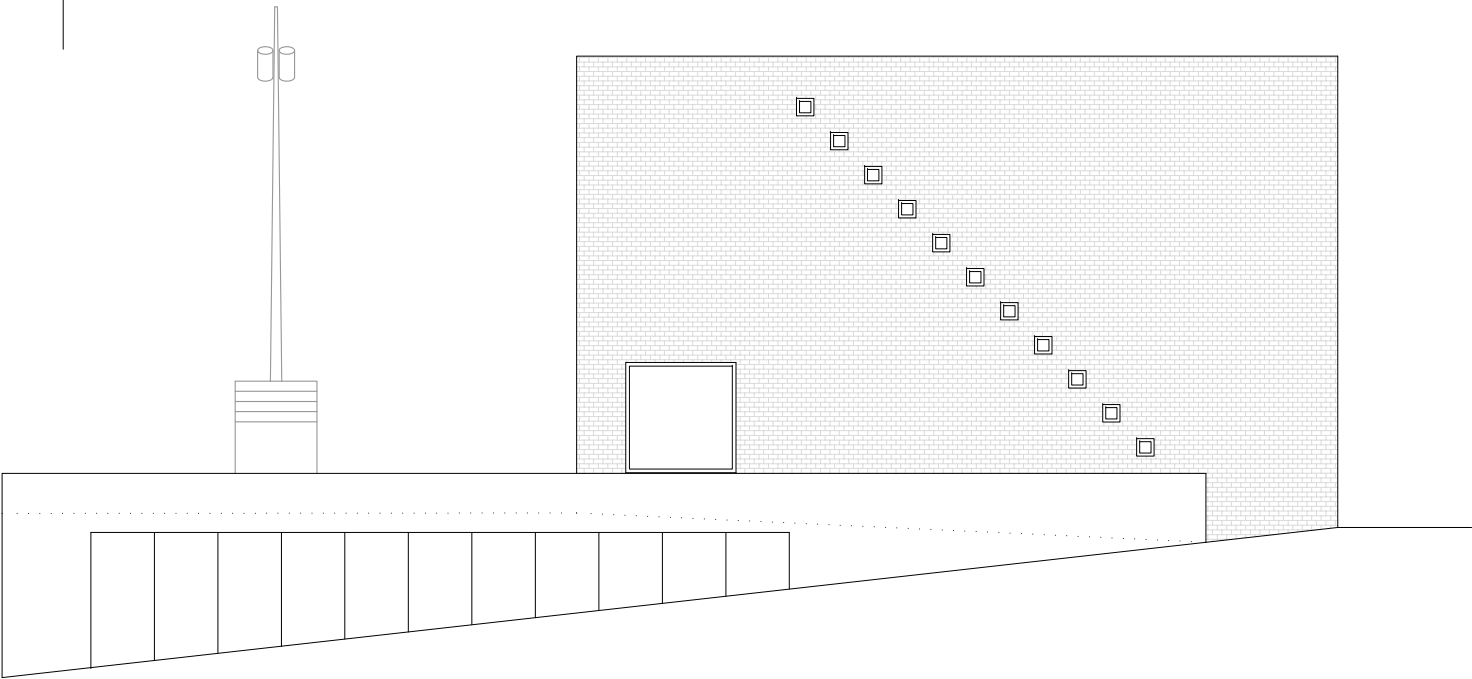




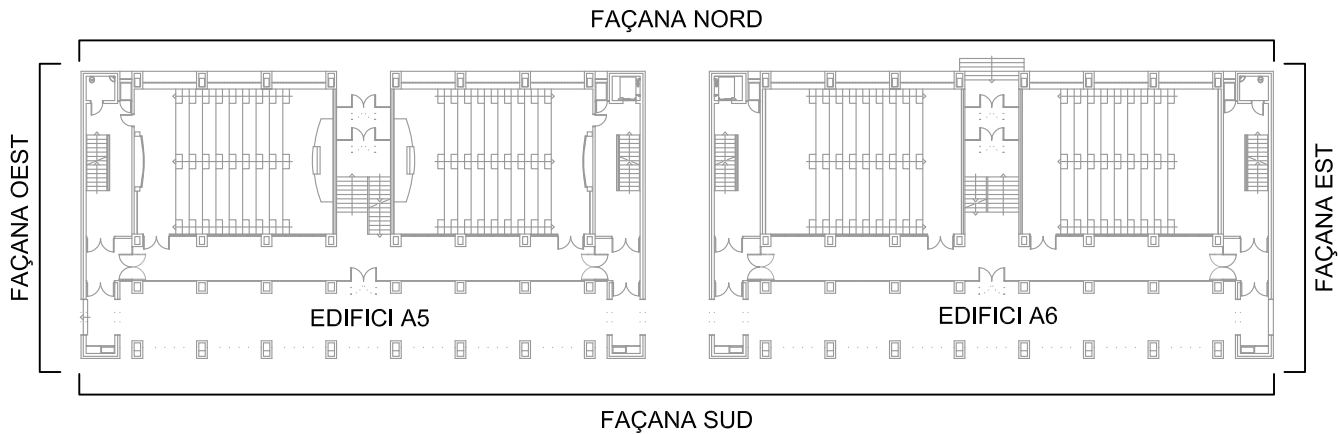
 <div>Servei d'Infraestructures UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div>	<div>Escala 1/250</div> 	Data	Cod. Ed.	
		ABRIL 18	A5 - A6	
AULARIS		Plànol	Núm.	
		FAÇANA SUD	1.02	





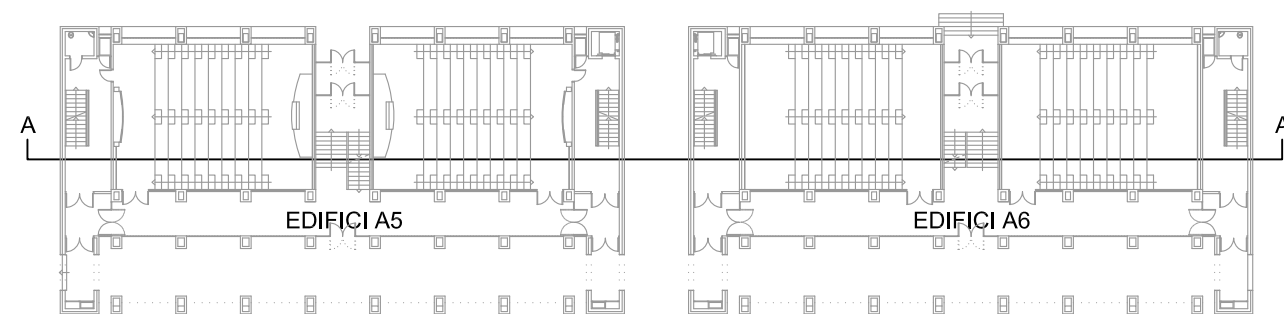
EDIFICI A5 - FAÇANA OEST





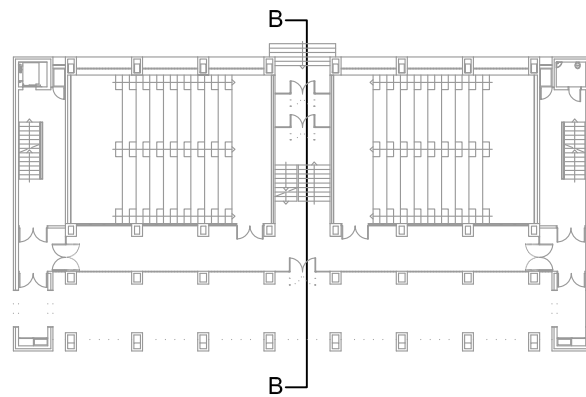
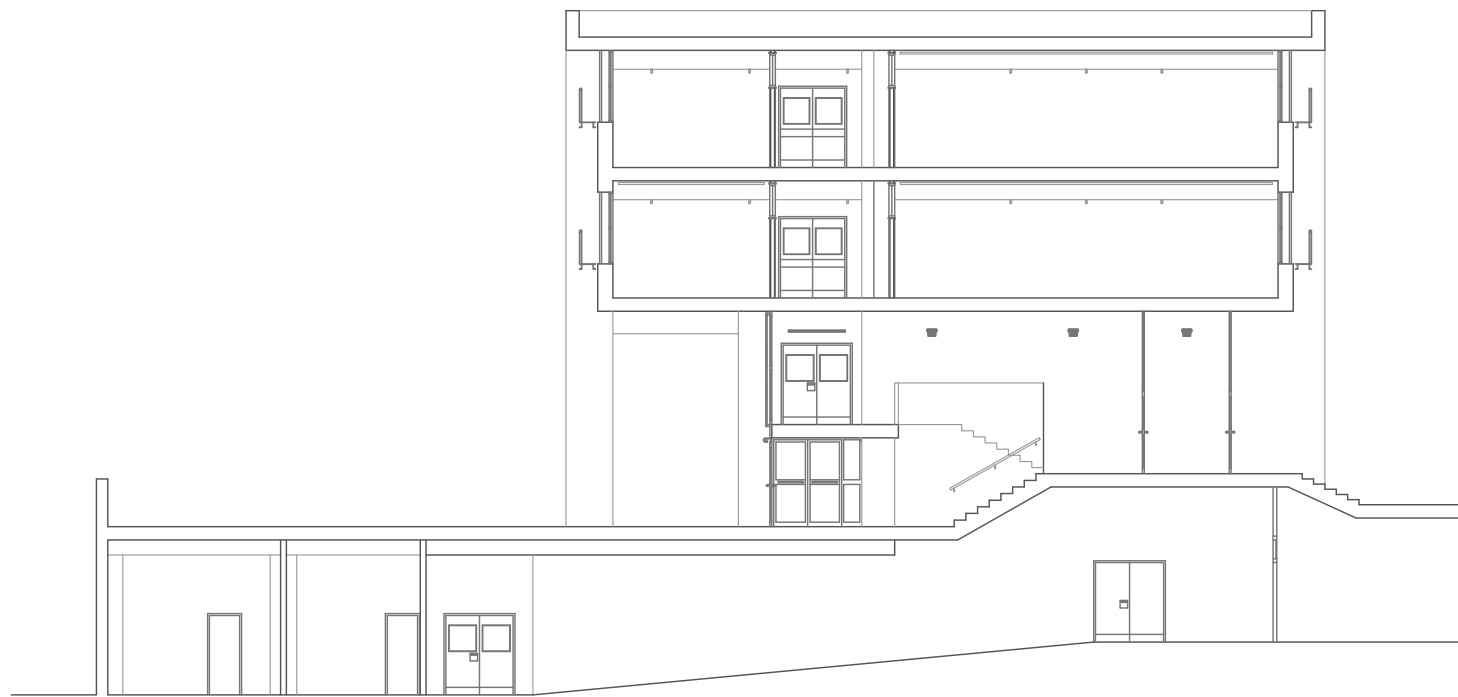
EDIFICI A6 - FAÇANA EST





 <div>Servei d'Infraestructures UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div>	Escala 1/200 	Data ABRIL 18	Cod. Ed. A5 - A6
	Plànol FAÇANES EST I OEST		Núm. 1.03
AULARIS			



 <b>Servei d'Infraestructures</b> UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA	Escala 1/250 	Data ABRIL 18	Cod. Ed. A5 - A6
	AULARIS	Plànol SECCIÓ A	Núm. 2.01



 <div>Servei d'Infraestructures UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div>	Escala 1/200 		Data ABRIL 18	Cod. Ed. A6
	AULARI		Plànol SECCIÓ B	Núm. 2.02